ANNALES
DE

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE
AGRONOMIQUE

VOLUME 3 1961 NUMÉRO 4

AVIS AUX LECTEURS

La liste des Annales publiées par l'I. N. R. A. s'établit comme suit au 1er janvier 1961 :

ANNALES AGRONOMIQUES. — Agronomie générale et science du sol — Publication bimestrielle.

ANNALES DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Publication trimestrielle.

ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES. — Publication trimestrielle.

ANNALES DES ÉPIPHYTIES. — Pathologie végétale, zoologie agricole, phytopharmacie. — Publication trimestrielle.

ANNALES DE L'ABEILLE. — Publication trimestrielle.

ANNALES DE ZOOTECHNIE. — Publication trimestrielle.

ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE. — Publication trimestrielle.

ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE. — Publication trimestrielle.

PUBLICATIONS RÉCENTES :

LA PHYSIOLOGIE DE L'INSECTE : Les grandes fonctions, le comportement, écophysiologie, par **R. Chauvin.** Un fort volume relié de 918 pages . **35** NF
Franco . . . . **38** NF

LA PHYSIOLOGIE DU VER A SOIE, par **J.-M. Legay.** Une plaquette brochée. . . . . **8** NF
Franco . . . . **8,50** NF

VIENT DE PARAITRE :

MALADIES A VIRUS DES PLANTES ET MÉTHODES DE LUTTE, par **P. Cornuet.** Un ouvrage in-8° cartonné de 440 pages . . . . **35** NF
Franco . . . . **38** NF

PROTECTION ACOUSTIQUE DES CULTURES ET AUTRES MÉTHODES D'EFFAROUCHEMENT DES OISEAUX, par **R.-G. Busnel** et **J. Giban.** Un ouvrage 17 × 24,5, cartonné de 240 pages . . . . **25** NF
Franco . . . . **28** NF

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications, 149, rue de Grenelle, Paris-VIIe.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal, à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U. N. E. S. C. O.

Ann. Physiol. vég., 1961, **3** (4), 217-221.

RENOUVELLEMENT DU PHOSPHORE DE PLANTULES DE BLÉ PAR ABSORPTION PASSIVE ET ACTIVE

J. CHOUTEAU

Service d'Exploitation industrielle des Tabacs et des Allumettes, Institut expérimental des Tabacs, Bergerac (Dordogne).

SOMMAIRE

Des expériences réalisées à l'aide de ^{32}P sur des plantules de blé de 15 jours ont montré que 14,2 p. 100 de l'eau des racines est accessible aux ions $PO_4H_2^-$ par simple diffusion. Le phosphore de cet espace est renouvelé en moins de 15 minutes.

Il se produit des phénomènes d'échange entre ce phosphore libre et le phosphore métabolisé, de telle sorte que celui-ci est entièrement renouvelé en moins de 33 heures sans gain net en ^{31}P de la racine. Le renouvellement de ^{31} P des feuilles est beaucoup plus lent que celui des racines.

Dans le but de déterminer l'influence des anions organiques indigènes de la plante sur l'absorption et l'accumulation des anions minéraux du milieu nutritif, nous avons été amené à mettre au point des techniques permettant d'étudier le phénomène de pénétration et de transport des ions minéraux dans la plante pendant de courts intervalles de temps.

Des plantules de Blé, variété *Cappelle Desprez*, ont été élevées sur sable pur immergé 3 heures sur 24 dans la solution nutritive suivante :

PO_4H_2K 1 mM, SO_4Mg 0,5 mM, $(NO_3)_2Ca$ 1 mM

H_3BO_3 3 mg/litre, $MnSO_4$, 3 mg/litre, $ZnSO_4$ 1 mg/litre, $CuSO_4$ 0,5 mg/litre. Chelate de fer 3,5 mg/litre.

L'éclairage était assuré 12 heures sur 24 par des lampes MIXA fournissant 9 000 LUX au niveau des cultures.

Les expériences d'absorption étaient réalisées sur des lots de 15 plantules de 15 jours prélevées sur la culture sur sable et placées sous 9 000 LUX dans des solutions expérimentales, thermostatées à 25° de même composition que la solution d'origine et marquée par ^{32}P à la concentration de 0,1 µC par ml.

L'activité spécifique des solutions marquées était déterminée sur 1 ml de ces solutions porté à sec.

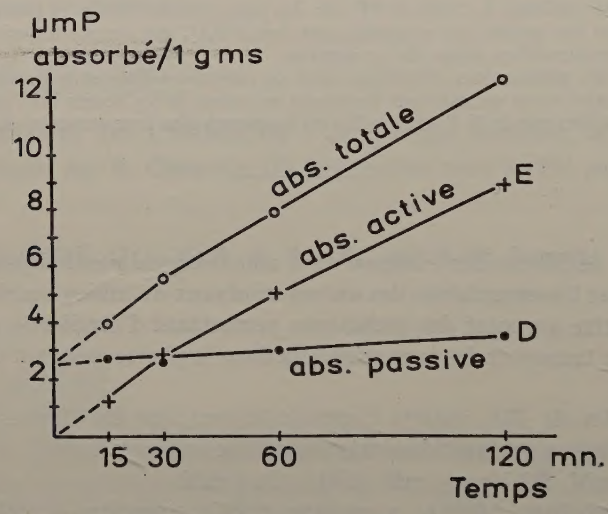
La radioactivité des plantes était mesurée sur les cendres de 100 mg de matière séchée à 100°.

Les racines destinées à la mesure de l'absorption globale (passive et active) étaient, après contact avec ^{32}P, lavées pendant 5 à 7 secondes dans de l'eau bipermutée et séchées directement à 100°. Le phosphore diffusible était éliminé par trempage des racines pendant une heure dans l'eau pure. Cette eau était changée au bout d'une demi-heure de contact. Les racines, rapidement rincées à la fin de l'heure de trempage, étaient séchées à 100°.

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE SUR RACINES EXCISÉES

Cette étude a été réalisée en agitant 1 000 mg de racines fraîches de plantules de 15 jours dans 100 ml de solution nutritive standard thermostatée à 25°.

Les résultats obtenus sont résumés par le graphique 1. En ordonnée, on a porté le nombre de micromolécules de phosphates provenant de la solution et présents à l'instant t dans un gramme de matière sèche de racine. Ce nombre se calcule en divisant la radioactivité d'un gramme de racine par la radioactivité du volume de la solution contenant 1 μmol. de phosphate.



GRAPHIQUE 1. — Absorption passive et active du phosphore par des racines excisées (résultats en micromolécules de phosphate par gramme de matière sèche de racine).

L'interprétation des courbes du graphique 1 doit tenir compte des considérations suivantes :

Dans le type d'expérience que nous avons réalisée, la concentration en phosphore de la solution d'élevage étant la même que celle de la solution expérimentale marquée, la radioactivité mesurée dans l'échantillon du végétal ne provient pas d'un *gain net* en phosphore ; elle ne peut avoir que deux origines essentielles :

1° *La diffusion passive* d'ions $PO_4H_2^-$ à travers les tissus épidermiques vers un

espace dit « libre » dans lequel la concentration en P est la même que celle de la solution nutritive.

C'est le phénomène qui se produit, de l'intérieur vers l'extérieur, lorsqu'on laisse les racines dans l'eau distillée pendant une heure (courbe D).

2° Une permutation, entre le phosphore non diffusible de la racine et le phosphore de l'espace dit libre des racines (courbe E).

Ce phénomène met en jeu des processus métaboliques : il ne procure pas de gain net en phosphore total mais un gain en ^{32}P. Il est d'ailleurs possible d'exprimer en fonction du temps la concentration en ^{32}P de la racine résultant de ce phénomène d'échange.

Désignons par Ce et x les valeurs des rapports $\frac{[^{32}P]}{[^{31}P]}$ d'une part dans la solution nutritive (ou dans l'espace libre des racines), d'autre part, dans l'espace « non libre » des racines. Ce est une constante et x une variable inférieure à Ce et proportionnelle à la radioactivité des racines après lavage dans l'eau distillée. Pour faciliter l'expression des calculs on peut assimiler les échanges d'ions de part et d'autre des espaces interne et externe à des échanges de solutions de concentrations proportionnelles à Ce et x et de même débit. En régime permanent on peut écrire :

$$dx = \mathrm{Ce}\, k_1\, dt - x\, k_2\, dt$$

posons

$$\mathrm{Ce}\,\frac{k_1}{k_2} = \lambda$$

$$dx = dt\, k_2\, (\lambda - x)$$

l'intégration de cette équation différentielle donne :

$$x = \lambda\, (1 - e^{-k_2 t})$$

L'accumulation de ^{32}P dans la racine résultant d'une permutation entre le P de la solution et le P fixé activement dans la racine, sans gain net en phosphore de celle-ci, est donc une fonction exponentielle du temps. Dans les courbes du graphique 1, la quantité de phosphore 31 provenant de l'extérieur et présent à l'instant t dans les racines est proportionnelle à $\frac{x}{\mathrm{Ce}}$ ou $\frac{x}{\lambda}$ et la pente à l'origine de la courbe E donne la vitesse permanente des échanges de ^{31}P entre la racine et le milieu extérieur.

Les hypothèses quant à l'origine du ^{32}P de la racine ayant été ainsi formulées, il est possible de tirer les enseignements suivants des résultats résumés par le graphique 1 :

1° Le phosphore désorbable, correspondant à l'absorption par diffusion (courbe D), peut être considéré comme entièrement renouvelé dès le 1er prélèvement (15 mn d'absorption). La légère augmentation du poids de phosphore « passif » par unité de poids de racines entre 15 et 120 mn d'absorption peut correspondre à la fraction du phosphore métabolisé qui repasse en solution après une heure de lavage à l'eau pure.

2° Les courbes d'absorption par diffusion et d'absorption totale extrapolées au temps zéro se coupent sur l'axe des ordonnées en un point qui donne la quantité réelle de phosphore absorbable par diffusion dans l'espace libre des racines. Dans notre expérience cette quantité atteint 2,6 µeq $PO_4H_2^-$ par gramme de poids sec ou

13,5 μeq pour 100 g de tissu frais. Si on admet que dans l'espace libre de la racine la concentration en P est la même que dans le milieu nutritif (1 μeq $PO_4H_2^-$/ml) il est possible de calculer le pourcentage d'eau des tissus radiculaires accessible aux ions par diffusion (E. D.) :

$$E.\ D = \frac{\mu\ eq\ PO_4\ H_2^-\ libre/100\ ml\ d'eau\ des\ tissus}{\mu\ eq\ PO_4\ H_2^-/100\ ml\ de\ solution\ nutritive} \times 100 = 14{,}2$$

3° La courbe d'absorption active (E) n'est pas une droite. Son fléchissement est net dès les 30 premières minutes d'absorption. En utilisant la tangente à l'origine de cette courbe E on peut estimer que dans notre expérience 6 *μeq* de PO_4H_2 sont renouvelés chaque heure dans un g de m. s. de racine par voie d'échange avec le phosphore extérieur.

II. — ÉTUDE SUR PLANTULES ENTIÈRES

Les résultats des expériences réalisées sur plantules entières de 15 jours sont résumés dans le tableau 1 et illustrés par le graphique 2.

TABLEAU I

Absorption de P *par des plantules de blé de 15 jours*

(résultats en μeq de $PO_4H_2^-$ pour 1 g de m. s.).

Racines				Feuilles
Temps (minutes)	Absorption totale	Absorption active	Absorption passive	
20	5,1	2,5	2,6	0,25
23	5,3	2,9	2,4	0,23
30	5,9	3,5	2,4	0,30
45	8,0	5,1	2,9	0,61
67	11,0	7,7	3,3	0,95
99	13,4	10,4	3,0	1,77
121	16,1	12,2	3,9	2,24

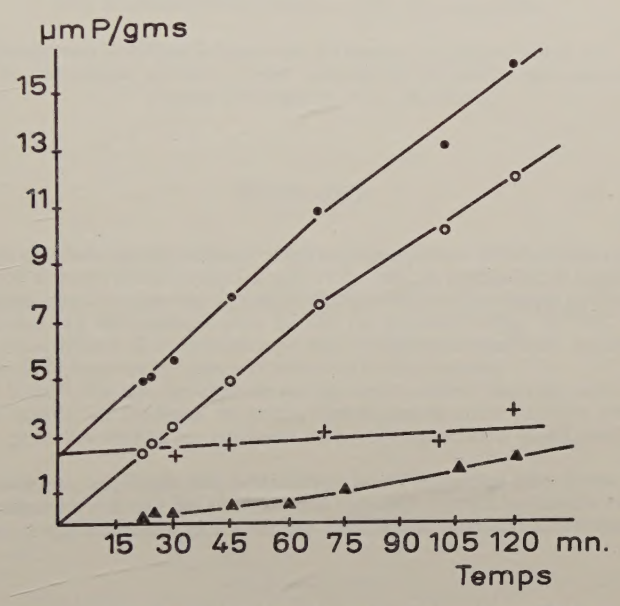
L'absorption par diffusion du phosphore par les racines de plantules entières est voisine de celle des racines excisées, on observe également une certaine augmentation du poids de phosphore désorbable par unité de poids de racines entre 15 et 120 minutes d'absorption.

L'extrapolation au temps zéro des courbes d'absorption par diffusion et d'absorption totale donne la quantité de phosphore désorbable. Celle-ci est du même ordre que dans l'expérience précédente (2,5 μeq par gramme de matière sèche) ce qui confirmerait qu'environ 14 p. 100 de l'eau des racines est accessible presque instantané-

ment aux ions $PO_4H_2^-$ par diffusion. Ce chiffre constitue la limite supérieure des résultats trouvés par B. INGELSTEN et B. HYLMÖ par la méthode des centrifugations.

Les courbes d'absorption active et d'absorption totale ne peuvent être assimilées à des droites, ce qui confirme les observations faites sur les racines excisées.

Si on utilise comme critère de vitesse d'échange entre le phosphore fixé activement et le phosphore extérieur, la pente de la tangente à l'origine de la courbe d'absorption active on peut estimer qu'environ 7 µeq de $PO_4H_2^-$ sont renouvelés par heure et par gramme de matière sèche, ce qui représente environ 3 p. 100 du phosphore de la racine. Sur cette base de calcul on peut penser que tout le phosphore de la racine est renouvelé en 33 heures.



GRAPHIQUE 2. — Absorption du phosphore par des plantules de Blé de 15 jours.

Racines
- ● — ● absorption totale.
- o — o absorption active.
- + — + absorption par diffusion.
- ▲ — ▲ absorption par les parties aériennes.

Le renouvellement du phosphore de la feuille à partir du phosphore de la solution est beaucoup plus lent que le renouvellement du phosphore de la racine. On peut émettre l'hypothèse de l'existence d'une barrière à la migration du phosphore entre la racine et les parties aériennes.

Reçu pour publication en novembre 1961.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INGELSTEN B., HYLMÖ B., 1961. Apparent free space and surface film determined by a centrifugation method, 157. *Physiol. Plant.*, **14**, 157.

Ann. Physiol. vég., 1961, **3** (4), 223-288.

RECHERCHES SUR LA CONSERVATION DES BETTERAVES A SUCRE *(Suite)*

R. CHABLAY, R. LONGCHAMP, R. MESNARD, J. MESNARD et R. J. GAUTHERET
avec la collaboration technique de M. TRUNKENBOLTZ

Groupement technique de Sucreries, 21 avenue de l'Opéra, Paris 1er.
Station centrale de Physiologie végétale, Centre national de Recherches agronomiques, Versailles.
Faculté des Sciences, P. C. B., Paris.

SOMMAIRE

L'étude biométrique faite sur des milliers de betteraves a permis d'élaborer une méthode correcte d'évaluation du stock de sucre contenu dans un silo et de fixer, en particulier, le nombre de betteraves à prélever pour chaque condition en vue d'obtenir des résultats suffisamment précis.

Diverses méthodes ont été utilisées pour l'étude de la conservation en fûts, en filets, en silo ordinaire et en silo homogénéisé. La précision a pu être notablement améliorée en travaillant uniquement sur des classes de betteraves choisies aux environs de la moyenne.

L'influence de la taille du silo est capitale sur la conservation : dans les petits silos établis en plaine, on ne peut mettre en évidence de pertes mesurables de sucre pendant les trois premières semaines. Dans les gros silos établis sur caniveau, la perte commence à être appréciable au bout de deux à six jours.

L'hydrazide maléique, appliquée aux betteraves avant l'arrachage sous forme de sel de sodium et de sel de diéthanolamine a donné des résultats très variables suivant les années, tantôt favorables, tantôt défavorables, ce qui a amené à en condamner l'utilisation pour la conservation des betteraves sucrières.

TECHNIQUES

Généralités

Principe de la détermination du stock de sucre d'un silo.

L'étude de la conservation des betteraves à sucre ne présente en principe aucune difficulté. On peut envisager par exemple de constituer un silo sur lequel on prélèvera, tous les deux ou trois jours, un certain nombre de racines dont on évaluera le stock de sucre. Des calculs très simples permettront alors de déterminer quelle est la quantité de sucre contenue dans le silo au moment de chaque prélèvement et l'on pourra établir enfin la courbe exprimant l'évolution de cette quantité de sucre en fonction du temps.

Comment opérera-t-on en pratique ? On pourra par exemple prélever au hasard dans un silo une centaines de betteraves puis déterminer leur poids global et leur teneur en sucre (par analyse d'une pulpe préparée à partir de l'ensemble des racines). On obtiendra de cette manière le stock de sucre contenu dans une betterave dont le poids moyen aura été calculé sur l'échantillon considéré c'est-à-dire sur cent racines. En multipliant la valeur de ce stock par le rapport.

$$\frac{\text{Poids total des racines ensilées}}{\text{Poids moyen d'une racine}}$$

on déterminera la quantité de sucre présente dans le silo au moment du prélèvement. Pour suivre

l'évolution du silo il suffira enfin, comme nous l'avons dit, de répéter ces opérations tous les deux ou trois jours.

Variabilité des déterminations de stocks de sucre.

Mais l'emploi de cette méthode fournit en fait des résultats décevants car les courbes représentant l'évolution du stock de sucre des silos sont toujours irrégulières. Si, par exemple, la quantité de sucre présente dans un silo au moment de sa constitution est évaluée à 7 100 kg, il se peut qu'au bout de deux jours on trouve 6 300 kg puis 8 400 kg au bout de 4 jours, 7 800 à la fin de la première semaine, etc.

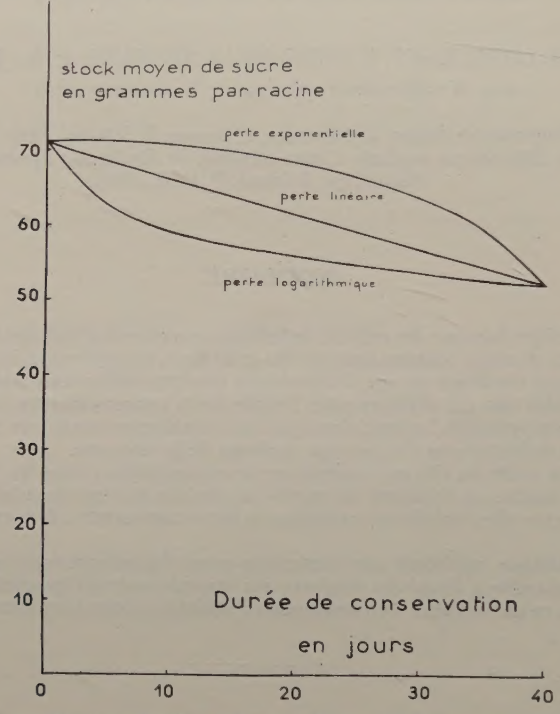


FIG. 1. — *Types théoriques d'évolution du stock de sucre de betteraves conservées en silos*

On postule fréquemment que la perte de sucre est une fonction linéaire du temps mais cette hypothèse semble peu vraisemblable ; il est plus probable que la digestion du sucre doit varier d'une manière exponentielle (il s'agirait alors d'un phénomène d'autocatalyse) ou d'une manière logarithmique (et, dans ce cas les produits de la digestion du sucre tendraient à bloquer les phénomènes de dégradation).

Aucune conclusion ne pourra être tirée de résultats aussi anarchiques. Pour essayer d'obtenir des données valables on peut être tenté de se borner à deux évaluations du stock de sucre, celle du départ qui fournit, rappelons-le, une valeur de 7 100 kg de sucre pour le silo et une autre correspondant à un prélèvement tardif effectué par exemple au bout de 40 jours de conservation. L'évaluation faite à ce moment-là pourra indiquer que le silo ne contient plus que 5 200 kg de sucre, ce qui représente une perte de 27 p. 100. En répétant des épreuves de ce genre sur de nombreux silos on enregistrerait des pertes variables mais toujours très importantes dont la réalité ne pourrait être mise en doute.

Mais ce type d'essai ne permet pas de résoudre la question qui nous intéresse car, s'il est souhaitable d'apprécier la perte provoquée par un stockage prolongé, il serait encore plus important de pouvoir suivre l'évolution de cette perte en fonction du temps.

Certains chercheurs, nous l'avons vu, ont postulé que la perte en sucre est une fonction linéaire du temps (fig. 1) ; dans le cas présent elle serait de l'ordre de 27 : 40 = 0,67 p. 100 par jour. Cette interpolation pure et simple entre les données extrêmes est évidemment abusive car les fonctions linéaires sont exceptionnelles en biologie. Les phénomènes dont les êtres vivants sont le siège varient plutôt comme une fonction logarithmique ou comme une fonction exponentielle du temps

(fig. 1) ; dans le cas d'un silo de betteraves on peut donc envisager *a priori* que la perte est très lente au début de la conservation puis qu'elle doit s'accélérer par suite d'une sorte d'autocatalyse ou au contraire qu'elle est rapide pendant les premiers jours puis se ralentit par suite d'un blocage progressif des processus enzymatiques de dégradation.

TABLEAU 4

Détermination du stock de sucre par racine en opérant sur 126 racines réparties en 21 lots de 6

Nº des lots	Poids du lot de 6 racines (en g)	Teneur en sucre (en g % de matière fraîche)	Stock de sucre du lot de 6 racines (en g)
1	3 800	15,80	600
2	2 500	15,80	395
3	2 650	16,52	438
4	2 110	15,76	333
5	3 200	16,26	521
6	1 430	14,80	212
7	2 260	16,24	367
8	2 450	16,76	411
9	2 220	15,80	351
10	2 870	15,60	448
11	2 590	16,96	439
12	2 180	16,00	349
13	2 950	16,00	472
14	2 900	16,68	484
15	2 750	16,16	444
16	2 880	16,50	475
17	3 500	15,60	546
18	2 480	16,08	399
19	2 350	17,04	400
20	3 000	16,80	504
21	2 430	15,80	384
Moyennes par racine ..	441	16,14	71,21

Quoi qu'il en soit, il est indispensable d'établir point par point le tracé de la courbe représentant l'évolution du stock de sucre au cours du temps et ceci exige qu'on obtienne des données bien plus précises que celles qui ont été citées dans les exemples théoriques précédents ou recueillies par la plupart de nos prédécesseurs. Cette recherche de données précises conduit à considérer les erreurs qui interviennent dans les expériences et à apprécier leur importance.

Une épreuve très simple va nous permettre de distinguer à première vue deux causes d'erreurs dont les conséquences sont très inégales. Prélevons au hasard 126 betteraves dans un silo et répartissons-les également au hasard en 21 lots de 6. On effectue ensuite un dosage du sucre sur chaque lot et l'on obtient ainsi 21 valeurs de richesses saccharines et 21 poids moyens ce qui permet de calculer 21 valeurs du stock moyen de sucre par racine. En jetant un coup d'œil d'ensemble sur les résultats d'une détermination de ce genre recueillie dans un cas concret (tableau 4) on constate que les richesses varient relativement peu d'un lot à l'autre, les valeurs extrêmes étant 14,80 et 17,04 ; au contraire, les poids moyens des lots manifestent des variations très importantes de 1 430 à 3 800 g. La richesse moyenne calculée à partir des données expérimentales (16,14) est donc manifestement plus précise que le poids moyen d'une racine (441). Enfin la variabilité des stocks est évidemment affectée par celle des poids et du même ordre de grandeur que celle-ci.

Pour serrer de plus près cette question de variabilité, nous allons apprécier statistiquement le degré de précision des résultats précédents ; cette appréciation conduit aux données numériques contenues dans le tableau 5.

Son examen confirme les prévisions. On constate en effet que la précision de la moyenne des richesses saccharines est très supérieure à celle de la moyenne des poids. Ainsi, il y a 5 chances sur 100 pour que l'erreur commise sur le poids moyen de 6 betteraves dépasse 234 grammes, c'est-à-dire un peu moins de 10 p. 100 de la moyenne. Dans le cas des richesses, il y a 5 chances sur 100 pour

TABLEAU 5

Appréciation du degré de précision des poids moyens, richesses moyennes et stocks moyens de sucre déterminés sur 21 lots de 6 betteraves

Moyennes	Précision des moyennes		
	Probabilité de 90 %	Probabilité de 95 %	Probabilité de 99 %
Poids de 6 racines	2 643 ± 192	2 643 ± 234	2 643 ± 318
Richesse (% de mat. fraîche)...........	16,14 ± 0,20	16,14 ± 0,25	16,14 ± 0,34
Stock de sucre (g par racine)	71,21 ± 5,28	71,21 ± 6,39	71,21 ± 8,75

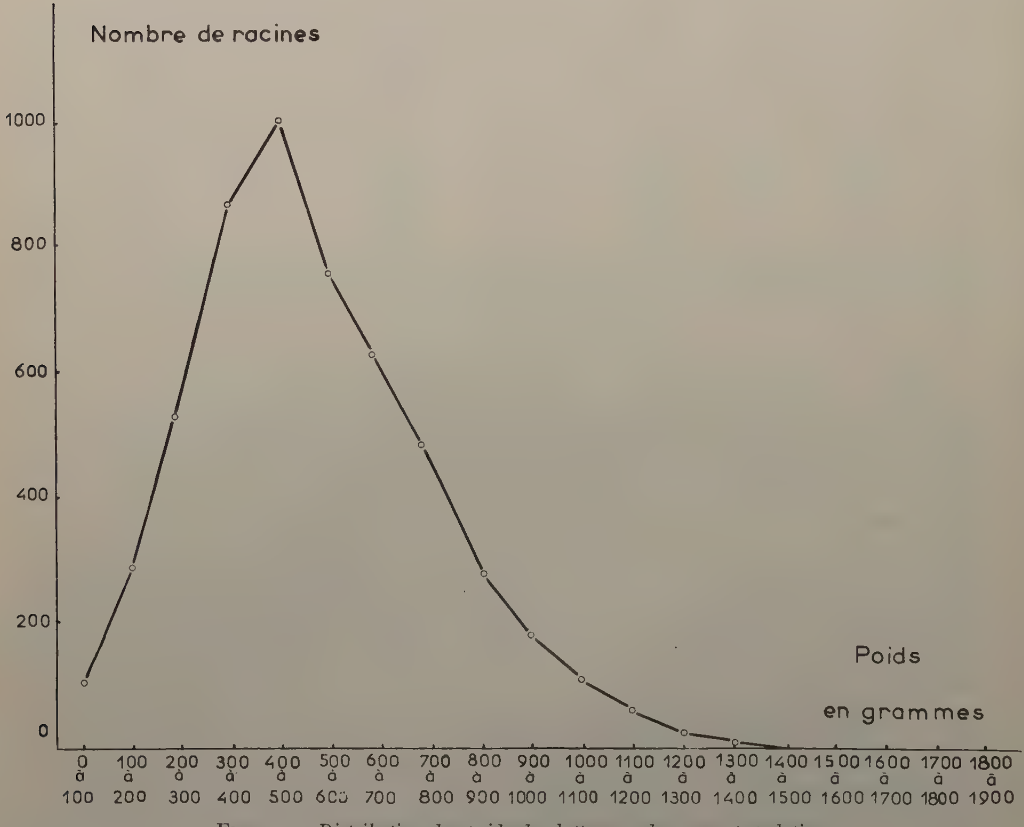


FIG. 2. — *Distribution des poids des betteraves dans une population*

Cette courbe de fréquence établie sur 5 400 racines présente l'aspect d'une courbe en cloche dissymétrique par rapport au maximum. L'épreuve d'ajustement à la loi normale a montré que cette distribution n'était pas gaussienne.

que l'erreur commise sur la moyenne excède 0,25 c'est-à-dire un peu plus de 1 p. 100 de la moyenne. On voit en somme que les poids sont connus avec une précision dix fois plus faible que les richesses. La grande variation des poids entraînant une variabilité de même ordre des stocks, le stock moyen est connu avec une précision peu satisfaisante (tableau 5).

Ces résultats préliminaires que nous avons recueillis au début de nos recherches nous ont amenés à conclure qu'il était inutile de perfectionner les méthodes de dosage du sucre employées (voir page 236) mais que nous devions améliorer considérablement le mode d'évaluation des poids moyens.

Une tentative de ce genre ne pouvant être couronnée de succès qu'en faisant appel aux méthodes statistiques il fallait au préalable réunir des données biométriques suffisamment nombreuses.

Données biométriques sur la Betterave sucrière.

Cette étude biométrique a porté sur 5 400 betteraves provenant d'un essai de rendement et représentant la population totale de 600 m² environ.

L'essai, conduit selon la méthode des blocs, comportait 6 répétitions ; chaque condition était donc représentée par 6 parcelles élémentaires ; nous avons récolté 600 betteraves pour chacune des 9 conditions de notre essai.

Toutes les betteraves récoltées ont été pesées individuellement et nous les avons réparties en classes de 100 en 100 g (1-100, 101-200, etc. 1 701-1 800)

Nous avons dressé une courbe de fréquence (fig. 2) qui présente l'aspect d'une courbe en cloche dissymétrique par rapport au maximum de fréquence ; ce maximum correspond en effet aux betteraves dont le poids est compris entre 400 et 500 grammes qui est très inférieur à la moitié du poids maximum (plus de 1 700 g). Il ne concorde donc pas avec le poids moyen qui est de l'ordre de 507 g. Quoi qu'il en soit la distribution des poids des racines n'est pas gaussienne comme l'a montré l'épreuve d'ajustement à la loi normale que nous avons effectuée sur les poids mesurés, mais suit vraisemblablement la loi de GALTON-MAC ALISTER dite « law of facility ».

Il en résulte que les méthodes statistiques habituelles ne sont pas applicables en toute rigueur. Nous avons cependant calculé l'écart-type de la moyenne en postulant que la distribution des poids était normale. Ces calculs ont établi qu'un poids moyen calculé sur 100 betteraves était entaché d'une incertitude ne dépassant pas ± 10 p. 100 dans 95 p. 100 des cas pour des betteraves d'un poids moyen de 600 g. Si l'on avait utilisé 600 betteraves pour calculer ce poids moyen, l'incertitude aurait été abaissée à ± 4 p. 100. Il aurait enfin fallu peser 10 000 betteraves pour que l'erreur possible ne dépasse pas 1 p. 100 dans 95 p. 100 des cas.

MISE AU POINT D'UNE MÉTHODE PERMETTANT D'OBTENIR DES DÉTERMINATIONS SATISFAISANTES

Limitation des erreurs accidentelles.

Ce travail préalable n'avait évidemment qu'un intérêt théorique puisque pratiquement on ne détermine pas le poids global d'une collection de betteraves mais on divise celle-ci en un certain nombre de lots constitué chacun de 6 racines. Or, si les poids individuels des racines ne sont pas distribués normalement, il en est autrement des poids moyens d'échantillons de 6 betteraves prélevés au hasard dans la population primitive. Dans ce cas la distribution est normale et l'on peut donc appliquer en toute rigueur les tests statistiques usuels. Plusieurs déterminations nous ont montré que l'écart type de la population des poids moyens d'échantillons de 6 betteraves oscillait entre 125 et 150 g. Dans l'un de nos essais réalisé sur 600 betteraves réparties en 100 lots de 6, nous avons trouvé que la population des 100 moyennes ainsi calculées était affectée d'un écart-type égal à 138 g.

La plus petite différence significative était égale à 54,9 g à la probabilité de 95 p. 100, ce qui correspondait environ au dixième du poids moyen. On voit donc que, malgré le nombre important des échantillons, les différences entre deux moyennes de poids provenant de prélèvements opérés à 2 époques différentes dans un même silo ne peuvent être retenues que si elles sont supérieures à environ 10 p. 100 du poids moyen. Ceci n'est décidément pas satisfaisant. Pour réduire la plus petite différence significative à 4 p. 100 il faudrait opérer sur un échantillon constitué de 1 200 betteraves réparties en 200 lots de 6 racines ce qui, du point de vue pratique, serait excessif.

Nous avons donc été conduits à rechercher le moyen d'obtenir une précision suffisante tout en travaillant sur des échantillons moins importants.

Jusqu'à présent, nous avons montré qu'on pouvait serrer la moyenne de près en utilisant de nombreux échantillons constitués chacun par un petit nombre de racines prélevées au hasard dans le dispositif d'essai afin de garantir la normalité de la distribution des moyennes partielles. Ce mode d'échantillonnage s'impose évidemment dans le cas d'essais de rendement, mais on peut l'éviter lorsqu'on entreprend des expériences sur des betteraves ayant déjà été récoltées, par exemple sur

des racines ensilées, ou, si l'on pratique, sur des plantes en place, des traitements dont on veut éprouver l'influence au cours de la conservation ultérieure. Dans ces deux cas, la notion de rendement ne joue plus car on se propose en somme d'examiner simplement le comportement des tissus de betteraves dans des conditions données. On peut obtenir alors des résultats valables, en ne retenant, pour les expériences, que des racines dont le poids soit compris entre des limites plus ou moins larges choisies par exemple de part et d'autre de la moyenne. Plus ces limites seront étroites et plus la précision sera grande.

Nous avons employé cette méthode pour la première fois en 1953 au cours d'essais de conservation de betteraves ayant été traitées par des dérivés de l'hydrazide maléique. Nous avions stocké des racines dont le poids allait de 500 à 600 g. L'étude statistique de cette population nous a fourni les données suivantes.

1. La distribution des poids moyens de 21 échantillons de 6 betteraves suivait la loi normale.

2. L'écart-type de la distribution de ces poids moyens était de 18,3 g contre 138 pour l'ensemble de la population comportant la gamme complète des poids.

3. La plus petite différence significative entre deux moyennes calculées sur les 21 échantillons de 6 racines, n'était plus que 7,3 g au lieu de 54,9 dans le cas précédent, c'est-à-dire de l'ordre de 1,27 p. 100 au lieu de 10 p. 100 ce qui était tout à fait satisfaisant.

Nous avions ainsi mis au point une méthode permettant d'augmenter considérablement la précision d'essais de conservation et cette méthode fut adoptée sans modification pour la plupart des expériences de ce type.

Élimination d'erreurs systématiques.

L'emploi de la technique rigoureuse qui vient d'être décrite nous a permis de mettre en évidence des erreurs systématiques qui dans les essais peu précis réalisés auparavant étaient masquées par les erreurs accidentelles. En suivant par exemple l'évolution du stock de sucre de betteraves conservées en fûts, nous avons parfois enregistré au bout de quelque temps des augmentations significatives. C'est ainsi que dans un essai de conservation réalisé en 1954 nous avons observé qu'au bout de 13 jours de stockage la quantité moyenne de sucre par racine était passée de 93,3 à 96,5 g dans le cas de betteraves ayant été traitées par de l'hydrazide maléique tandis que dans le cas des racines témoins, cette quantité moyenne de sucre avait été portée de 92,1 à 95 g. Ces deux augmentations étaient significatives. Les richesses saccharines avaient légèrement baissé mais par contre on avait enregistré une augmentation significative du poids moyen des racines. Celui-ci était passé de 492 à 521 g. pour les betteraves ayant reçu de l'hydrazide maléique et de 491 à 516 g dans le cas des témoins. On ne pouvait guère admettre que les tissus avaient élaboré du saccharose au cours du stockage. Nous avons donc pensé que des erreurs systématiques s'étaient glissées dans nos expériences. L'examen critique des méthodes employées nous a permis de déceler deux causes d'erreurs systématiques, les unes dues au tri des racines, les autres au décolletage.

Erreurs dues au tri des racines.

Dans un essai, des betteraves dont le poids brut moyen allait de 500 à 650 grammes avaient été conservées dans des fûts et, périodiquement, nous avions évalué le stock de sucre des betteraves de 3 fûts, dont l'ensemble constituait un échantillon. Or la pesée et la mise en fûts avaient été réalisées par 3 équipes d'ouvriers, chacune remplissant le tiers des fûts correspondant à l'essai. Ce mode opératoire avait pu être une source d'erreurs systématiques. Supposons, par exemple, qu'une équipe ait eu tendance à prélever, dans le tas de betteraves à trier, des racines dont le poids était généralement proche de la limite supérieure, par exemple de l'ordre de 570 à 650 grammes en négligeant celles dont le poids était proche de la limite inférieure (500 g) ; les fûts préparés par cette équipe auraient contenu, au départ, des racines de poids moyen anormalement élevé. Si les analyses préliminaires avaient été faites sur des lots vraiment normaux, la reprise ultérieure des lots anormalement lourds préparés par l'équipe considérée aurait pu faire conclure à une augmentation du stock au cours de la conservation.

Pour éliminer cette cause d'erreur nous avons par la suite homogénéisé les échantillons correspondant aux diverses conditions expérimentales. Pour cela, les racines représentant chaque condition furent réunies en un seul lot puis réparties une à une entre les différents fûts (voir page 230) ou filets (voir page 321) nécessaires aux déterminations successives.

Erreurs dues au décolletage.

Nous avons pensé que le décolletage pouvait constituer une autre cause d'erreurs systématiques. Au moment de la mise en fûts ou en silos les betteraves étaient décolletées sans précautions spéciales et parfois même au moyen de l'arracheuse-décolleteuse utilisée pour la récolte. Lors des analyses nous avons dû procéder à un décolletage supplémentaire aussi soigné que possible. Or, l'importance de ce décolletage variait d'un opérateur à l'autre, certains ayant tendance à respecter complètement les cercles vasculaires, tandis que d'autres opéraient plus largement. Ceci entraînait des variations systématiques des poids moyens qui faussaient la marche des expériences. Pour éli-

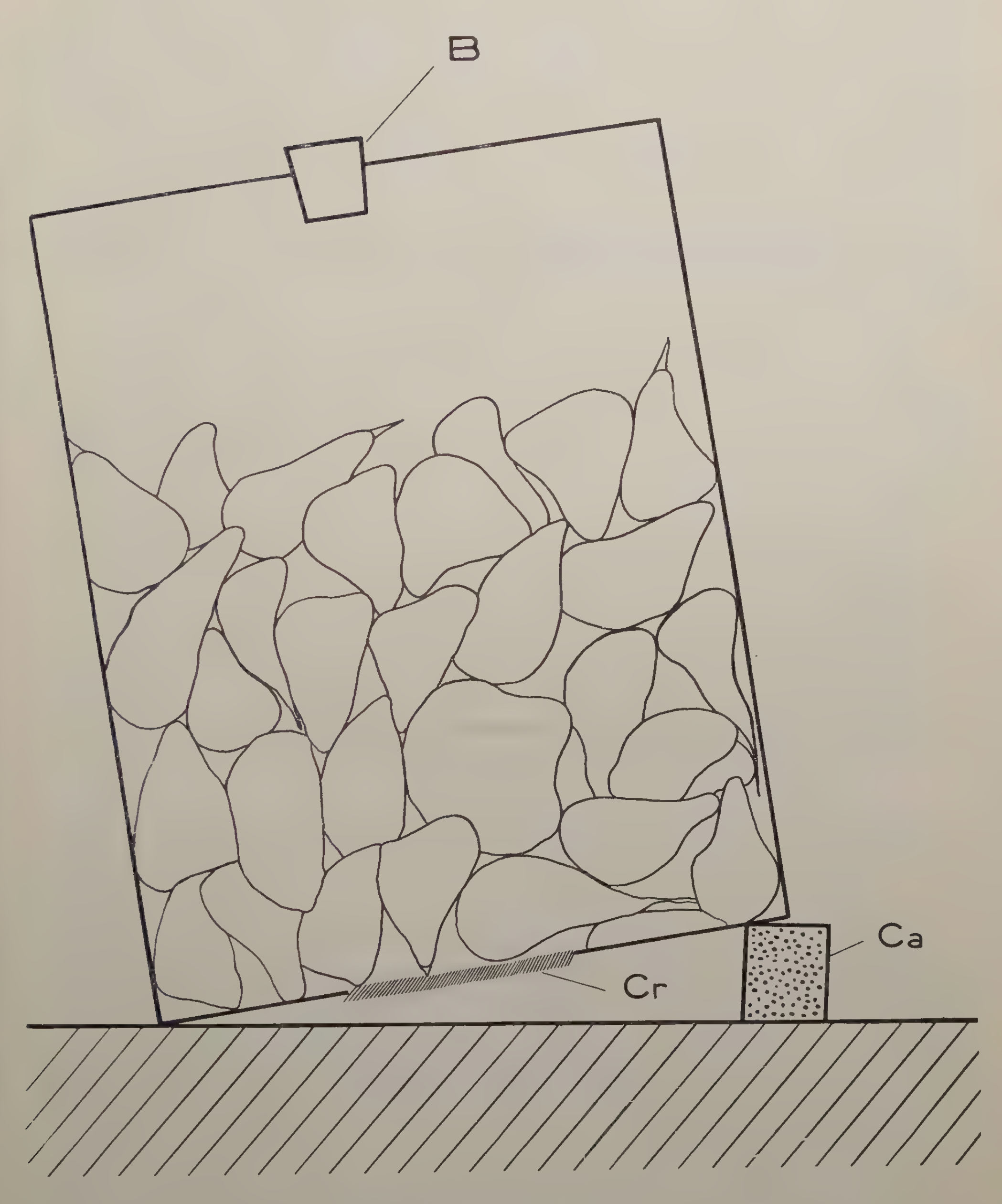


FIG. 3. — *Conservation des betteraves en fûts métalliques*

Cr = croisillon amovible retenant les racines ;
B = bouchon permettant d'obturer l'orifice d'aération ;
Ca = cale permettant de maintenir le fût obliquement.

miner cette cause d'erreur nous avons veillé à ce que, pendant chaque série d'expériences qui durait de 1 à 3 mois, le décolletage de toutes les racines soit effectué par un seul opérateur.

Lorsque ces deux précautions, homogénéisation des lots au départ et régularité du décolletage, furent respectées nous avons obtenu des résultats moins variables et, en particulier, nous avons cessé d'enregistrer des augmentations de stocks en cours de conservation. Les remarques générales que nous venons de formuler ont montré, nous l'espérons, que les recherches sur la conservation des betteraves sont difficiles et exigent, pour fournir des résultats valables, une mise au point technique très poussée.

Méthodes de conservation et prélèvement des échantillons

Au début de nos travaux les betteraves furent conservées en fûts ; cette méthode nous a permis de mettre au point d'une manière commode nos techniques d'échantillonnage et d'analyse ; par la suite, nous avons adopté la conservation en silos afin d'opérer dans des conditions proches de la pratique courante.

Conservation en fûts.

Cette méthode permet en principe de stocker un grand nombre de lots de betteraves dans des conditions uniformes. Ces lots, d'un poids d'environ 100 kg, sont placés dans des fûts métalliques (fig. 3) de 200 l, possédant, d'un côté, un large orifice de 30 cm de diamètre et de l'autre une ouverture circulaire de 5 cm de diamètre pouvant être obturée par un bouchon (B). Après remplissage de chaque fût on dispose, sur l'ouverture la plus large, un croisillon (Cr) amovible qui empêche les betteraves de sortir de celui-ci après son renversement. Le fût est alors retourné et maintenu dans une position légèrement oblique à l'aide d'une cale de bois (Ca) afin que le large orifice situé à la partie inférieure soit dégagé (fig. 3).

On aère périodiquement les racines en retirant les bouchons obturant le petit orifice. Des tâtonnements nous ont montré qu'une durée d'aération de l'ordre de 6 heures par jour permettait une conservation correcte. Une ventilation plus prolongée provoquait une dessiccation progressive des racines, tandis qu'un raccourcissement du temps d'aération favorisait le développement de moisissures.

Les fûts étaient placés dans un local dont la température variait selon les cas entre 3° et 19°. Toutes les racines contenues dans chaque fût n'étaient évidemment pas soumises à des conditions identiques, notamment en ce qui concerne leurs possibilités de respiration et de dessiccation. Pour cette raison les échantillons destinés aux analyses furent toujours prélevés dans la même région des fûts, au milieu de ceux-ci (fig. 3). Pour cela on retirait le tiers des racines situées à la partie supérieure du fût, puis on prélevait au hasard les 18 ou 42 betteraves suivantes. Ce prélèvement était opéré sans regarder afin d'éviter de faire un choix même inconscient.

Lors de nos premiers essais nous avons conservé de cette manière des lots de racines dont les poids individuels étaient quelconques et qui représentaient des échantillons moyens d'une population provenant d'un essai de rendement. Les évaluations des poids moyens faites au cours de la conservation ont porté sur un échantillon de 72 racines de chaque lot ; cet échantillon provenait de 4 fûts à raison de 18 racines par fût. Les déterminations de richesses furent faites en répartissant les racines en 12 séries de six ce qui a fourni 12 valeurs de richesses et 12 valeurs de stocks moyens.

Par la suite, nous avons stocké en fûts, des racines dont les poids étaient compris entre des limites déterminées, 500-650 g ou, plus rarement, 200-300 g et 850-1 000 g.

Le tri de ces betteraves était effectué par plusieurs équipes ; lorsque celles-ci se partageaient les fûts à remplir, on enregistrait, rappelons-le, des erreurs systématiques que nous avons supprimées en réunissant l'ensemble des racines triées correspondant à une même condition et en répartissant ces racines une par une entre tous les fûts représentant la condition considérée. Les prises d'échantillons comportaient, pour chaque condition d'un essai, 21 lots de 6 betteraves prélevées à raison de 42 racines par fût. On utilisait donc 3 fûts par échantillon. Il est évident que la précision ainsi obtenue était très supérieure à celle permise par le procédé précédent puisque les racines de chaque échantillon étaient plus nombreuses et que la variabilité de leur poids était plus faible.

Conservation en silos.

Généralités.

Le mode de stockage qui vient d'être décrit est évidemment sans rapport avec la pratique courante. Il nous a permis d'éprouver d'une manière commode les méthodes d'échantillonnage que nous nous proposions d'utiliser dans nos travaux ; celles que nous avons retenues à la suite de ces épreuves préliminaires furent ensuite appliquées à des silos industriels.

Ces silos, on le sait, sont de deux types. Certains, établis sur caniveaux, dans les usines, mesurent en moyenne 4 à 5 mètres de haut et une dizaine de mètres de largeur à la base (voir la figure

5). Ces silos sur caniveaux correspondent à un volant de sécurité destiné à compenser les irrégularités des livraisons des betteraves. Leur durée n'est en principe que de 2 à 4 jours mais elle peut atteindre dans certains cas une semaine. D'autres silos établis en dehors des usines sont constitués de betteraves dont le passage en usine doit être différé pour un temps parfois prolongé. Jadis, ces silos étaient établis d'une manière quelconque ; mais des observations empiriques ayant révélé que dans les conditions climatiques françaises des masses de betteraves très importantes s'échauffent considérablement et s'altèrent visiblement d'une manière notable, on a adopté, pour ce type de silo, des dimensions réduites ; ils ont en général une forme trapézoïdale, les deux bases ayant en moyenne une largeur de l'ordre de 3 et 5 m et la hauteur étant de l'ordre de 1,80 m à 2,50 m (fig 4).

Nous avons suivi l'évolution du stock de sucre des betteraves dans les deux sortes de silos.

Méthode des filets.

Les essais réalisés avec des silos industriels ont généralement porté sur des racines triées dont les poids moyens étaient compris entre 500 et 650 g (ou 550 et 700 g). Il était évidemment exclu de constituer des silos entièrement faits de betteraves choisies de cette manière car ceci aurait exigé un travail trop important.

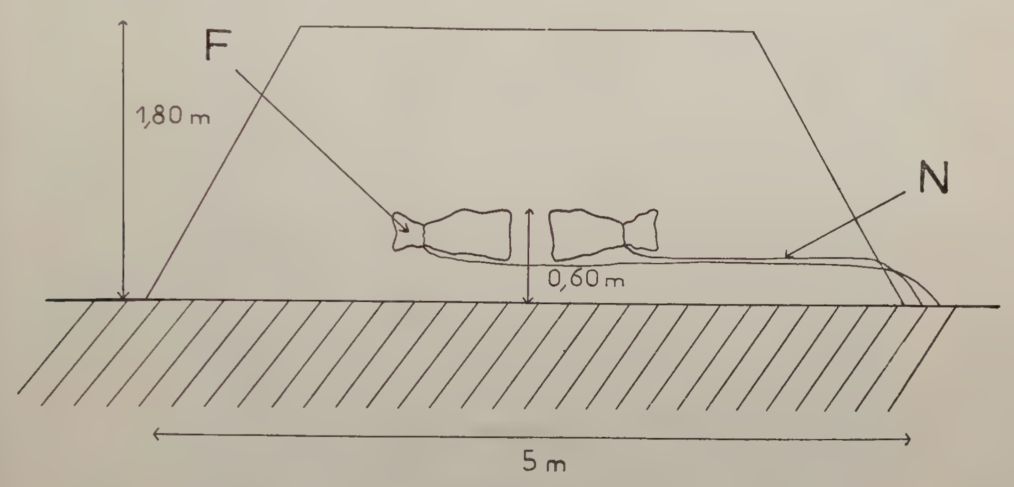


FIG. 4. — *Coupe transversale schématique d'un petit silo*

On distingue les filets (F) renfermant des betteraves triées dont les poids sont compris entre certaines limites. Ces filets sont pourvus de câbles en nylon (N) qui permettent de les repérer à la fin de la période de conservation.

Nous nous sommes bornés à trier un nombre limité de racines et à les enfermer dans des filets à larges mailles, d'abord en jute puis en nylon, « immergés » dans des silos faits de racines ordinaires. Afin d'éviter les variations individuelles pouvant intervenir d'un filet à l'autre, les betteraves d'un même lot correspondant à une condition déterminée furent réparties une à une entre les différents filets représentant cette condition. Chaque filet contenait une cinquantaine de betteraves et trois d'entre eux servaient à l'analyse initiale portant sur un échantillon de 21 lots de 5 ou 6 racines selon les cas. On réunissait d'autre part, en divers points du silo, des groupes de trois filets dont les contenus réunis constituaient un échantillon sur lequel on prélevait 21 lots de 5 ou 6 racines, selon les cas ; l'analyse de ces 21 lots fournissait une valeur moyenne de poids, de richesses et de stocks, calculée sur 105 ou 126 betteraves selon le cas.

Le nombre total des filets variait selon les types d'essais envisagés. Dans le cas des petits silos, ces filets étaient placés dans le plan médian à environ 0,60 m du sol (fig. 4). Dans le cas des grands silos trois séries de filets furent disposées par exemple à 0,50 m, 1,50 m et 2,50 m du sol (fig. 5A). Parfois enfin, les filets du niveau inférieur étaient eux-mêmes répartis en 3 lots : l'un placé au voisinage du plan médian du silo, le second à 2,50 m et le troisième à 5 m de ce plan médian (fig. 5B). Les filets étaient pourvus de fils de nylon très solides aboutissant à l'extérieur du silo ce qui aidait à les retrouver au moment des reprises.

Chaque série de filets correspondant à une reprise comportait naturellement l'ensemble des localisations, et nous les disposions dans un plan perpendiculaire au sens de la longueur du silo, les diverses séries de filets correspondant aux déterminations successives étaient situées dans autant

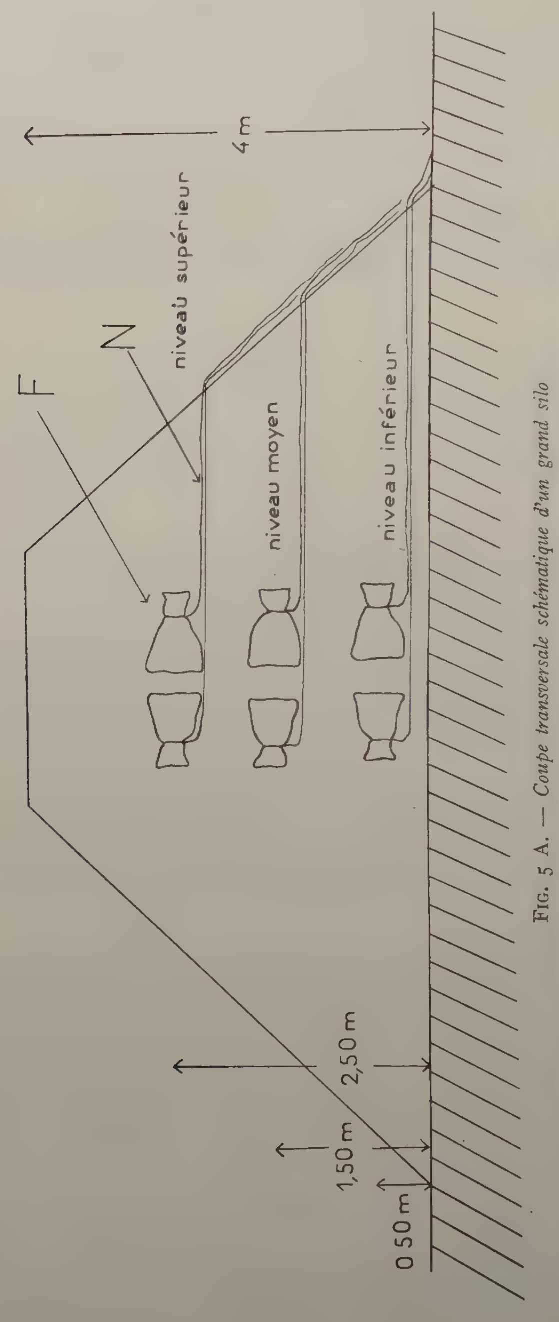


FIG. 5 A. — *Coupe transversale schématique d'un grand silo*

A. Les filets (F) contenant les betteraves sont disposés dans le plan de symétrie longitudinale du silo et répartis en 3 niveaux.
N. câbles de nylon permettant de repérer les filets à la fin de la période de conservation.

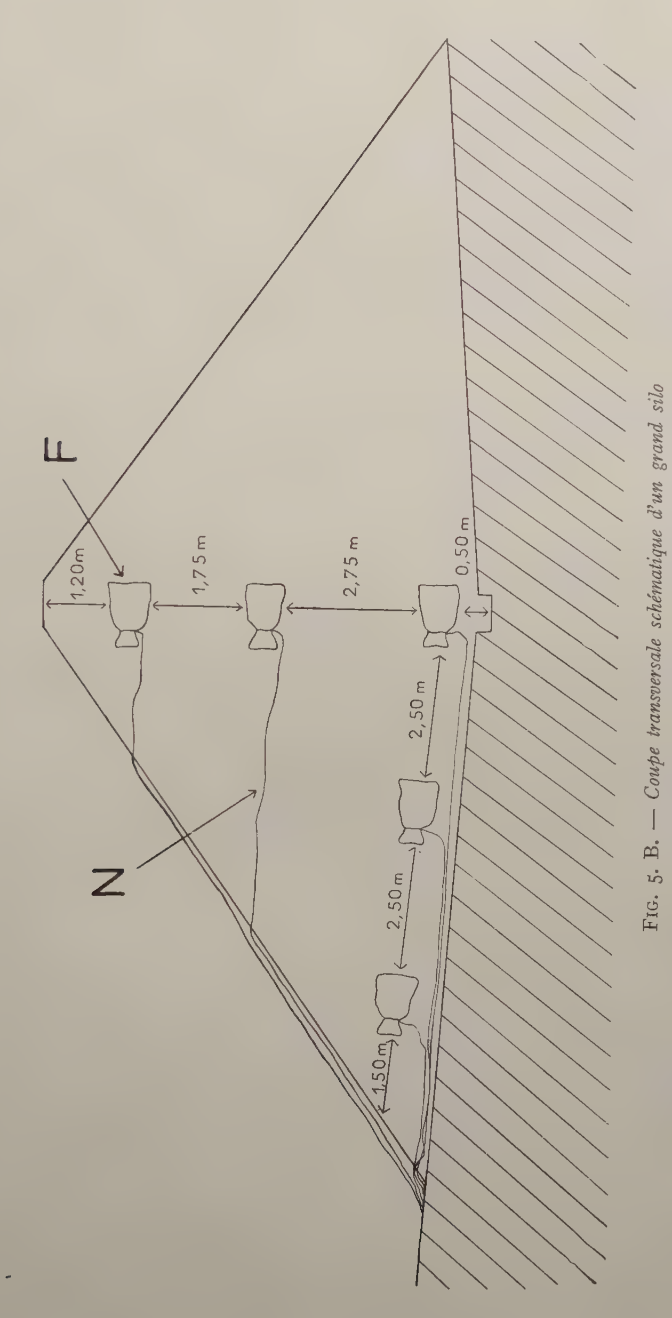


FIG. 5. B. — *Coupe transversale schématique d'un grand silo*

Les filets (F) contenant les betteraves triées sont disposés à 3 niveaux comme dans le cas de la figure 5 A, mais ceux du niveau inférieur sont en outre répartis en 3 groupes plus ou moins éloignés du plan de symétrie longitudinale du silo.

de plans espacés d'environ 3,50 m. De cette manière chaque prélèvement intéressait une tranche de silo.

Cette technique des filets fournit des résultats très précis, puisqu'elle permet de limiter à volonté la variabilité du poids des betteraves sur lesquelles on travaille. Mais elle nécessite un nettoyage préalable de celles-ci, notamment l'élimination de la terre dans laquelle elles sont souvent enrobées : les conditions de conservation ainsi obtenues peuvent donc être différentes de celles réalisées dans la masse du silo.

Si l'on veut étudier par exemple, l'influence exercée, sur la conservation, par la terre, par les feuilles ou encore par les blessures que provoquent l'arrachage, le décrottage, etc., il est nécessaire de se servir de racines n'ayant subi aucune manipulation particulière et dont le poids ne peut donc être déterminé au début de l'essai. Dans ce type d'expérience, nous nous sommes contentés d'éliminer au jugé les plus grosses et les plus petites racines. Le poids des betteraves enfermées dans les filets n'était donc plus compris entre les limites définies au départ de telle sorte que la précision des déterminations des poids moyens fut plus faible que précédemment. Pour compenser cette perte de précision due à une plus grande dispersion des poids individuels nous avons doublé le nombre des racines de chaque échantillon, si bien que les analyses furent faites sur des lots de 252 betteraves réparties en groupes de 6. Les résultats obtenus avec cette méthode furent en réalité peu précis, et après ur essai décourageant, nous l'avons abandonnée.

Méthode du « silo homogénéisé ».

La « méthode des filets » fournit, nous l'avons vu, d'excellents résultats si l'on se sert de betteraves dont le poids est compris entre des limites suffisamment étroites, ce qui exige un nettoyage préalable des racines, mais elle n'offre pas d'intérêt si l'on ne peut procéder à la pesée préalable des racines mises en conservation ; on doit dans ce cas, envisager de prélever des échantillons directement dans un silo ordinaire. Or, l'étude de l'évolution du stock de sucre d'un silo exigeant une série de prélèvement successifs, il est nécessaire que les divers échantillons provenant à un moment donné de plusieurs points d'un même silo soient aussi semblables que possible, c'est-à-dire faits d'un mélange de racines, présentant au départ un poids et une richesse moyenne identiques. Les silos de petite taille sont généralement constitués en plaçant côte à côte le contenu d'une série de camions de provenances diverses ; ils risquent donc d'être plus ou moins hétérogènes (fig. 6 A) et l'on doit imaginer un procédé spécial qui permette d'obtenir des silos homogènes. Nous y sommes parvenus en opérant de la manière suivante (fig. 6 B et C). On décharge un camion de betteraves à proximité de l'emplacement choisi pour l'établissement du silo et celles-ci sont étalées en couche mince, à l'aide d'une grue, en prenant soin de les répartir sur toute la surface prévue pour le silo. Les contenus des camions suivants sont répartis de la même manière, si bien que le silo est finalement constitué par une série de couches superposées dont chacune correspond à un camion (fig. 6 C).

Le prélèvement des racines a lieu à la grue. On écrête tout d'abord la région ou l'on veut prendre un échantillon, jusqu'à une hauteur donnée, par exemple 1,20 m s'il s'agit d'un silo de 2,50 m de haut, puis on prélève un lot de racines à l'aide d'un crapaud dont la base est enfoncée dans la masse du silo jusqu'à une profondeur constante, exemple jusqu'à 0,80 m du sol. Chaque échantillon obtenu de cette manière est constitué par des betteraves provenant de plusieurs couches qui, si l'on opère avec soin, sont toujours les mêmes (fig. 6 D). On peut donc espérer que plusieurs échantillons prélevés le long du silo à un moment donné seront identiques et que, par conséquent, des déterminations faites sur une série d'échantillons prélevés à intervalles réguliers reflèteront, d'une manière valable, l'évolution du stock de sucre.

Après le prélèvement des racines au moyen du crapaud, les opérations se poursuivent de la manière suivante. Les betteraves sont nettoyées, décolletées, et pesées par séries de 50 ; on réunit ensuite toutes les séries et l'on répartit les racines au hasard en lots de 5. Pour cela, on les aligne en file sur le sol et leur prélèvement a lieu en se servant d'une table de nombres distribués au hasard. Ce prélèvement est fait comme il suit : supposons, par exemple, que les 5 premiers chiffres tirés soient 4, 3, 7, 2, 1. On prend la quatrième betterave à partir de l'extrémité de la file puis la troisième après celle-ci puis la septième, etc. Les 5 betteraves ainsi désignées constituent un lot d'analyse et l'on continue l'opération en prenant les cinq chiffres suivants de la table. Lorsqu'on est parvenu à la fin de la file de betteraves on repart en sens inverse et ainsi de suite. De cette manière les betteraves sont réparties au hasard en lots d'analyse.

En fait si cette méthode permet d'effectuer au cours du temps des prises d'échantillons dans une population bien homogène elle ne permet naturellement pas de diminuer le nombre de racines nécessaires pour atteindre une précision donnée. Dans le cas présent, nous avions prélevé à la grue 415 betteraves dans un tel silo homogénéisé ; ces betteraves furent réparties en 83 lots de 5 que nous avions pesés et analysés. La moyenne des poids était égale à 550,4 g et l'écart type sur la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, atteignait 14,8 g. L'intervalle de confiance à 95 p. 100 autour de la moyenne était donc de $\pm$ 30 g et, pour le réduire à une valeur acceptable, de l'ordre de 3 à 4 p. 100, il eût fallu, dans cet essai comme dans ceux qui précédèrent, prélever environ 2 000 betteraves.

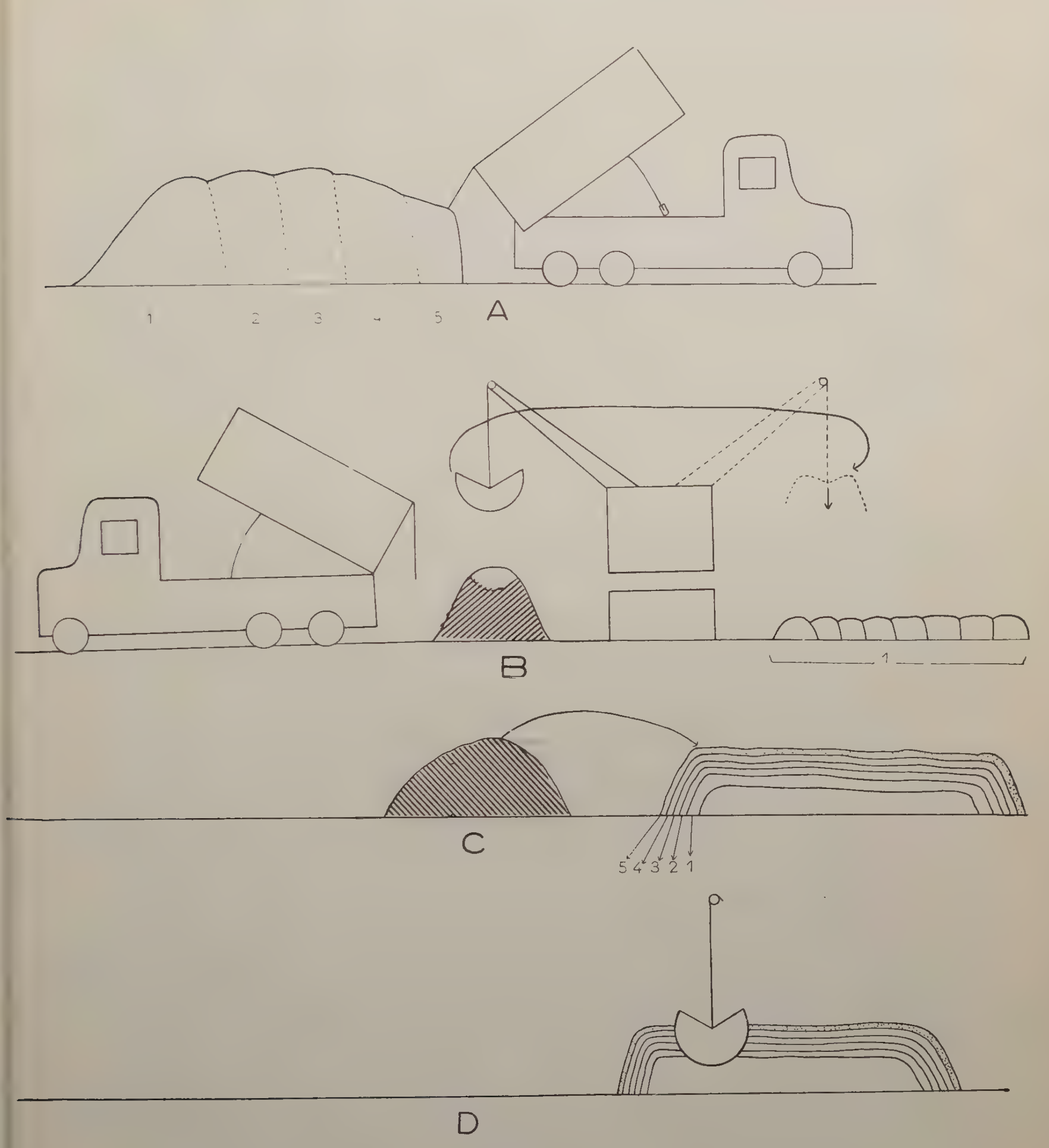


FIG. 6. — *Confection d'un silo homogène*

A. Si l'on constitue un silo en plaçant côte à côte des betteraves provenant de divers camions (1, 2, 3, etc.) celui-ci est évidemment hétérogène dans le sens de la longueur. Une homogénéisation est possible (B, C) si les betteraves provenant de chaque camion (1, 2, 3, etc.) sont réparties en couches superposées dans le sens de la hauteur Le prélèvement ultérieur des échantillons s'opère à l'aide d'un crapaud dont la base est enfoncée dans la masse du silo jusqu'à une profondeur constante (D). De cette manière, tous les échantillons prélevés à un moment donné, doivent être identiques.

Conduite des essais

Nous considérerons successivement les déterminations de poids, puis la méthode d'évaluation de la richesse saccharine et enfin la présentation des résultats et la manière d'éprouver leur validité.

Pesée des racines :

On sait que le saccharose n'est pas distribué d'une manière homogène dans la racine de betterave ; en particulier, sa concentration s'abaisse brusquement et d'une manière très notable lorsqu'on atteint le collet. Or, le stock de sucre par racine est évalué en multipliant le poids moyen d'un certain nombre de betteraves, par la richesse d'un échantillon moyen provenant des mêmes racines. Pour limiter le plus possible les erreurs, on a intérêt à travailler uniquement sur des tissus dont la teneur en sucre soit uniforme d'un point à un autre, ce qui conduit donc à éliminer les collets. Mais le décolletage peut introduire, nous l'avons vu, des erreurs systématiques. Travaillant sur un même lot de racines, certains opérateurs, enclins à décolleter largement, préparent des betteraves, dont le poids moyen est inférieur à celui obtenu par des opérateurs parcimonieux. Nous avons évité cette cause d'erreur en confiant, rappelons-le, le décolletage des betteraves de chaque essai à une seule personne. Les poids moyens étaient nous l'avons vu, calculés selon les cas sur 72 à 415 racines réparties en lots de 5 ou 6.

Détermination de la richesse en sucre

Il existe diverses méthodes de détermination de la richesse en sucre des tissus de betteraves. La plupart comportent des manipulations relativement longues et ne sont pas adaptées à un travail en série portant sur de très nombreux échantillons. L'une d'elles proposée par Genotelle (1949) permet de travailler très rapidement tout en garantissant une fidélité convenable. Elle consiste à dilacérer des cossettes au moyen d'un broyeur à hélice tel qu'un « Turmix », puis à évaluer la richesse en saccharose de l'extrait ainsi obtenu, en se servant d'un polarimètre.

Cette méthode qui a été adoptée par les usines du G. T. S. donne toute satisfaction et nous l'avons employée en apportant de légères retouches. Voici le mode opératoire pratiquement utilisé :

1) *Préparation des cossettes* :

Les betteraves d'un lot d'échantillonnage (5 ou 6) sont fendues en long perpendiculairement au plan des sillons d'insertion des radicelles ; chacune fournit ainsi deux moitiés dont l'une est éliminée. Les 5 ou 6 moitiés conservées sont réduites en cossettes à l'aide d'un coupe-racines à disque en acier inoxydable. Les cossettes sont recueillies dans un tiroir de 40 cm de côté et sont étalées sur toute la surface en une couche d'épaisseur uniforme ; on prélève alors 9 pincées de cossettes réparties sur toute la surface du tiroir et dont chacune intéresse toute l'épaisseur de la couche (fig. 7 B). L'échantillon ainsi obtenu est disposé sur un plateau et on en prélève de petites portions au hasard jusqu'à concurrence de 104 g.

2) *Préparation du jus* :

Introduire les cossettes dans le bol du broyeur à hélice, ajouter 307,8 g d'eau et environ 1 g d'acétate neutre de plomb cristallisé, afin de provoquer la défécation. Fermer le bol puis mettre le broyeur à hélice en marche, d'abord lentement afin d'éviter de projeter sur le couvercle des cossettes qui ne seraient pas broyées ultérieurement, puis augmenter la vitesse jusqu'à 12 000 tours par minute et maintenir celle-ci pendant 3 minutes. Filtrer sur papier. Remettre sur le filtre les premières portions du filtrat et recueillir celui-ci lorsqu'il devient parfaitement limpide.

3) *Lecture polarimétrique* :

Faire une lecture avec un polarimètre pour lequel le poids normal est égal à 26 g, en se servant d'un tube de 20 cm. Les quantités de cossettes et d'eau utilisées ont été calculées d'une manière telle que le polarimètre fournisse directement le pourcentage de sucre contenu dans les tissus.

Remarques :

La validité de cette méthode a été appréciée de diverses manières :

1° Nous avons tout d'abord effectué une série d'épreuves sur des échantillons provenant d'un même lot de cossettes : les résultats furent peu variables ce qui permettait d'affirmer que la technique était fidèle.

2° Nous avons également étudié la variabilité des résultats en fonction des conditions de broyage ; cette épreuve a montré qu'il est indispensable de contrôler la vitesse du broyeur. Dans le cas d'un appareil du type « turmix » les résultats ne sont indépendants de la vitesse que si celle-ci est au moins

égale à 10 500 tours par minute. Si l'on opère à une vitesse plus faible, on enregistre une diminution de la lecture polarimétrique ce qui témoigne d'une désintégration insuffisante des cellules.

3° Nous avons comparé les richesses de chacune des deux moitiés d'une même betterave coupée longitudinalement. Les différences enregistrées étaient minimales et insignifiantes, lorsque le plan de section était perpendiculaire au plan des sillons d'insertion des radicelles. C'est pourquoi nous avons adopté le mode opératoire décrit précédemment (voir page 236).

4° Nous avons pratiqué divers types de prélèvements des cossettes préparées à partir d'un lot de 6 racines. Dans certains cas on brassait soigneusement l'ensemble des cossettes et l'on prélevait au hasard une dizaine d'échantillons dans la masse ainsi homogénéisée (fig. 7 A) ; chacun servait à une détermination de richesse glucidique. Les résultats furent très variables ; l'écart-type de la moyenne était en effet de l'ordre de 0,11. Au contraire, en réalisant les prélèvement selon la technique décrite précédemment, c'est-à-dire en prélevant 9 pincées de cossettes distribuées en couche uniforme sur le fond du tiroir du coupe-racines, l'écart type à la moyenne n'excédait pas 0,03 et c'est pourquoi nous avons adopté ce mode d'échantillonnage.

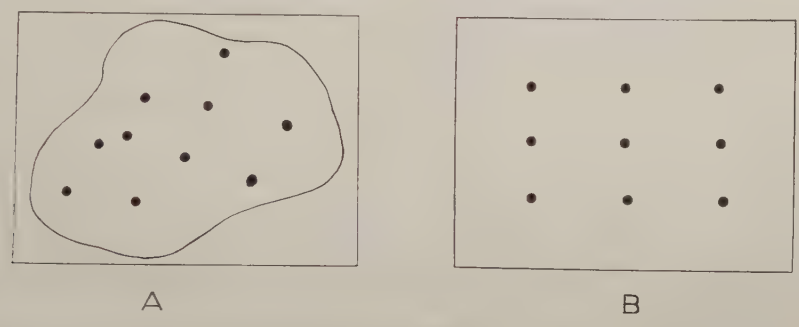


Fig. 7. — *Mode de prélèvement des cossettes*

Les cossettes préparées à partir d'un lot de racines sont recueillies dans un tiroir et l'on en prélève plusieurs pincées (marquées par des points) jusqu'à ce qu'on ait réuni la quantité nécessaire à l'analyse. Si les prélèvements sont faits au hasard (A), la variabilité est plus grande que s'ils sont répartis d'une manière régulière (B).

Présentation et validité des résultats

Les résultats expérimentaux recueillis dans nos essais étaient représentés par des poids moyens et des richesses moyennes. Le produit de ces deux types de valeurs permettait d'obtenir les quantités moyennes de sucre par racine.

Les divers résultats fournis par chaque essai furent exprimés sous forme de diagrammes ou de courbes. Nous avons ainsi constaté qu'en général les pertes de sucre ne se manifestaient qu'assez lentement ; pour savoir dans quelle mesure nous pouvions tenir compte de ces pertes, nous avons constamment procédé à une analyse statistique des résultats. La méthode adoptée fut celle de l'analyse générale de la variance.

L'application de cette méthode s'est heurtée à des difficultés dans certains essais de conservation qui avaient été prolongés au-delà de trois mois (voir page 245). Nous avons constaté que l'altération des betteraves était alors très inégale, certaines n'ayant perdu qu'une faible quantité de leur sucre, tandis que d'autres, fortement attaquées par des microorganismes avaient, subi une chute considérable de leur stock glucidique. Ces inégalités se traduisaient par un accroissement de la variance des richesses moyennes et des stocks à mesure que la conservation se prolongeait. Or, l'emploi de l'analyse générale de la variance n'est légitime que s'il existe une variance interne commune aux diverses séries de mesures : dans le cas d'essais de conservation prolongés, fournissant des moyennes affectées de variances internes très dissemblables, on ne peut assurer *a priori* que le test F soit valable. Ceci nous a conduits à employer le test de Bartlett qui permet, connaissant les variances internes d'une série de résultats, de savoir s'il est ou non, légitime d'appliquer à leur ensemble, la même méthode d'analyse statistique. Dans quelques cas, l'emploi de ce test a révélé l'existence de différences significatives entre les variances des mesures correspondant aux premiers et aux derniers prélèvements d'un essai de conservation et nous avons dû renoncer à certaines confrontations. Cette constatation nous a d'ailleurs conduits à arrêter les essais de conservation avant que la variabilité des résultats ait pu atteindre un niveau tel que nous ayons été contraints de renoncer à les soumettre à une analyse d'ensemble.

Traitements par l'hydrazide maléique et ses dérivés

L'un des buts essentiels de notre travail fut de rechercher si l'emploi de l'hydrazide maléique ou de ses dérivés permettait de réduire les pertes de sucre subies par les betteraves au cours de leur conservation.

Produits employés :

Nous avons employé les produits suivants :

1° Sel de sodium de l'hydrazide maléique préparé par la Naugatuck Chemical Company (U.S.A.) sous le nom de MH 40. Nous avons employé le même produit préparé par la Compagnie de Saint-Gobain (MH 40G). Ces deux produits renfermaient 40 p. 100 d'hydrazide maléique proprement dit.

2° Nous avons utilisé le même produit additionné d'environ 20 p. 100 de saccharose et 30 p. 100 de silicate de sodium destinés à augmenter son adhésivité.

Ce produit sera désigné par le sigle MH 40GS.

3° Sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique préparé par la Naugatuck Chemical Company sous la désignation de MH 30. Ce produit correspondait à 30 p. 100 d'hydrazide libre.

4° Sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique préparé par la Compagnie de Saint-Gobain. Ce produit était identique au MH 30 de la Naugatuck Chemical Company. Nous le désignerons par le sigle MH 30G.

5° Nous avons également utilisé ce produit additionné des adjuvants précédents afin d'augmenter son adhésivité. Ce produit sera désigné par le sigle MH 30GS.

6° Mélange de sels de diéthanolamine de l'hydrazide maléique et de divers produits dépourvus d'activité. Ce mélange a été préparé par la Compagnie de Saint-Gobain. Nous le désignerons par le sigle MH 30GI.

7° Nous avons enfin réalisé quelques essais avec deux dérivés particulièrement actifs de l'hydrazide maléique, les hydrazides butyrylmaléique et dichloracétylmaléique. Ces composés furent préparés par la Compagnie de Saint-Gobain. Nous les désignerons respectivement par les sigles MHB et MHD.

Tous ces produits furent employés à l'état de solutions aqueuses. Dans le cas du sel de sodium de l'hydrazide maléique et des produits additionnés de saccharose et de silice, nous n'ajoutions aucun adjuvant. Par contre les autres produits furent additionnés d'un mouillant, le Triton X 100, à raison de 0,05 p. 100 de la solution diluée.

Les quantités de liquide épandus variaient entre 500 et 1 000 l à l'hectare.

Les traitements furent pratiqués de une à cinq semaines avant la récolte. Nous avons utilisé soit un pulvérisateur commercial de type courant, soit un appareil expérimental plus léger spécialement adapté à nos travaux.

La pénétration de l'hydrazide maléique dans la plante exigeant en principe 48 heures, nous n'avons réalisé les traitements que par beau temps. Malgré cette précaution, certains champs reçurent de la pluie moins de deux jours après avoir été traités, et nous les avons alors abandonnés.

Disposition des essais comportant l'emploi d'hydrazide maléique.

Au début de nos recherches nous avons adopté des dispositifs expérimentaux du même type que ceux employés dans les essais de rendement. Nous avons utilisé par exemple la méthode des blocs comportant 6 répétitions pour chaque condition. Les betteraves récoltées dans les 6 parcelles homologues étaient mélangées afin de constituer des lots aussi homogènes que possible qui furent répartis dans les fûts servant à les conserver. Cette pratique avait pour but de fournir, au départ, des lots de betteraves ayant subi, au cours de leur développement, des conditions culturales moyennes identiques sauf en ce qui concerne les traitements.

Par la suite, nous avons pensé que cette précaution était superflue, puisque nous ne voulions pas comparer les rendements mais seulement l'évolution des betteraves au cours de leur conservation. Nous nous sommes alors bornés à diviser le terrain en une série de parcelles, longues de 100 à 500 m environ et dont la largeur correspondait à un coupon d'arrachage c'est-à-dire 24 rayons soit 10,80 m ; chaque condition était représentée par plusieurs bandes et les parcelles correspondant aux divers traitements alternaient d'une manière régulière. Ce dispositif simplifié ne permettait évidemment pas d'évaluer le rendement mais il réduisait néanmoins l'influence des variations de la nature du terrain.

RÉSULTATS

Nous examinerons successivement les données concernant des betteraves ordinaires n'ayant subi aucun traitement, puis des betteraves ayant été traitées par l'hydrazide maléique ou certains de ses dérivés.

A. — Conservation de betteraves n'ayant subi aucun traitement

Les essais ont été réalisés avec des betteraves diploïdes à l'exception de l'un d'eux qui avait pour objet de comparer la conservation de racines polyploïdes et diploïdes. Nous ne séparerons pas ces deux types d'essais. Par contre on considérera successivement la conservation en fûts, en petits silos, et enfin celle en grands silos établis sur caniveaux.

1) Évolution du stock de sucre de racines conservées en fûts

Cette méthode de conservation a été adoptée au début de nos recherches en raison de sa commodité. Rappelons en effet qu'elle facilite l'échantillonnage et permet de conserver de nombreux lots de racines dans des conditions uniformes. Grâce à elle nous avons pu préciser les données d'une expérimentation correcte et définir les conditions des essais réalisés ultérieurement avec des silos industriels.

Nous examinerons tout d'abord les résultats d'une expérience préliminaire entreprise avec des betteraves quelconques puis ceux d'études complémentaires ayant porté sur des racines dont les poids étaient compris entre des limites relativement étroites.

ESSAI PRÉLIMINAIRE

Conditions générales :

Des betteraves provenant de six parcelles d'un essai de rendement furent décolletées sans précautions spéciales, puis réparties au hasard dans 12 fûts métalliques, emplis aux trois quarts. La terre enrobant les racines fut conservée. D'autre betteraves destinées à effectuer les déterminations initiales furent prélevées dans les mêmes parcelles. Les fûts ont été maintenus dans un local chauffé à une température allant de 5° à 14°. Deux essais de ce type furent réalisés, l'un avec des betteraves de la variété *Hilleshog* récoltées dans la région de Bucy-le-Long (Aisne), le second avec des betteraves de la variété *Cérès* provenant d'un champ voisin d'Eppeville (Somme). Les déterminations de poids et de richesses furent faites en premier lieu au moment de la récolte, puis après 20, 60 et 120 jours de conservation. Les échantillons étaient constitués chacun par 144 racines qui provenaient, soit directement du champ d'essai, dans le cas du prélèvement initial, soit de 8 fûts lors des prélèvements ultérieurs. Les 144 betteraves représentant chaque échantillon étaient réparties au hasard en 24 lots de six et l'on obtenait en définitive, 24 valeurs de poids moyen, de richesse moyenne et de stock moyen de sucre par racine.

Résultats

Évolution de la température.

La température des racines enfermées dans chaque fût a varié de la même manière que la température ambiante ; nous n'avons décelé aucun échauffement anormal et les racines n'ont été attaquées par des micro-organismes que d'une manière insignifiante ce qui prouve que ce mode de conservation en fûts était correct.

Évolution du stock de sucre.

Les résultats des déterminations sont exprimés sous forme de graphiques concernant respectivement l'essai d'Eppeville et celui réalisé avec les racines récoltées dans la région de Bucy.

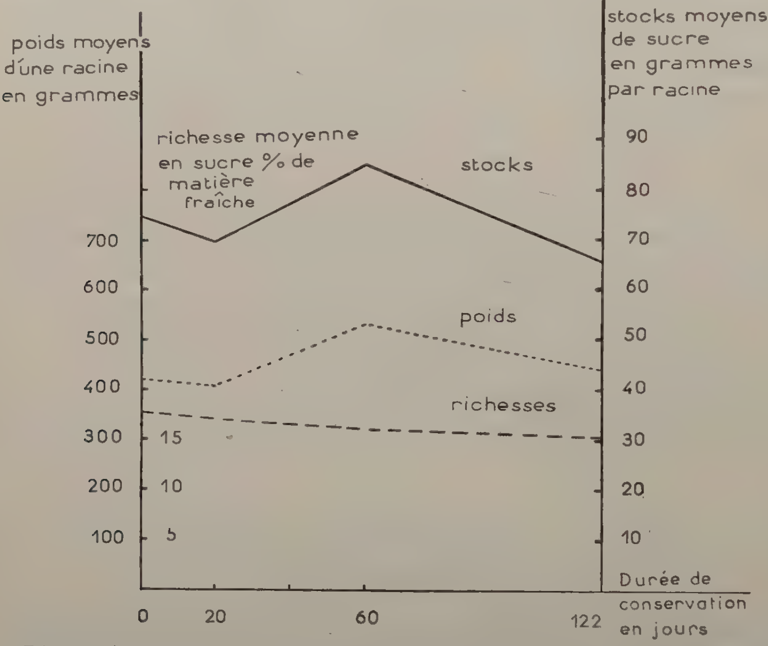


FIG. 8. — *Résultats d'un essai de conservation en fûts réalisé en 1952 avec des betteraves récoltées à Eppeville*
Les racines stockées avaient un poids quelconque et l'essai fut donc peu précis. Pour cette raison, les variations des poids et des stocks, bien que notables, n'ont pas été significatives.

L'analyse statistique des résultats concernant les betteraves d'Eppeville (fig. 8) a établi que les variations de poids et de stocks enregistrées au cours de la conservation n'étaient pas significatives. Certaines de ces variations étaient cependant très importantes puisque le stock de sucre par racine passait de 70 à environ 83 g, entre le 20e et le 60e jour de conservation, soit une différence en plus de l'ordre de 18 p. 100. Le fait que cette différence n'ait pas été significative souligne l'imperfection de la méthode utilisée dans cet essai ; pourtant chaque valeur représentait la moyenne de 24 lots de 6 betteraves.

Dans le cas de l'essai réalisé avec des betteraves récoltées à Bucy la variabilité fut plus faible et l'ensemble de l'essai, en ce qui concerne les stocks, a pu être considéré comme significatif, à la probabilité de 99 p. 100, (F calculé : 5,1 ; F des tables : 1,7) si bien que des différences significatives ont pu être mises en évidence (fig. 9).

Malgré cela, les résultats de cet essai n'ont pas été vraiment satisfaisants. L'examen de la figure 9 montre par exemple que le stock de sucre par racine aurait augmenté significativement au cours des 20 premiers jours de conservation ; ceci est difficilement admissible. Nous avons pensé qu'il devait s'agir d'une erreur systématique due à un mauvais échantillonnage. Cette conclusion est vraisemblable car, le prélèvement sur le terrain des racines destinées à être mises en fûts, et celui des betteraves ayant

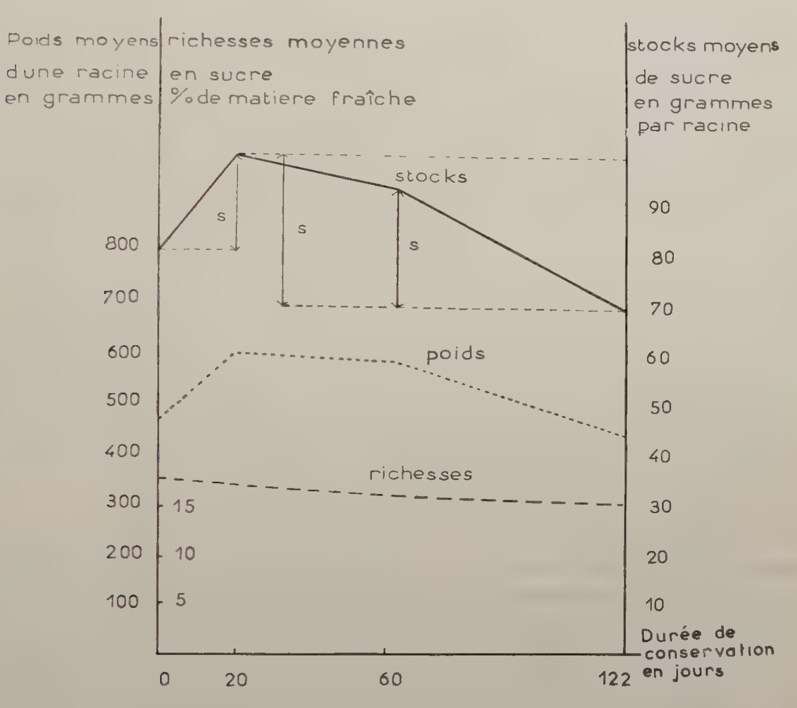


FIG. 9. — *Résultats d'un essai de conservation en fûts réalisé en* 1952 *avec des betteraves récoltées à Bucy-le-Long*

Les betteraves conservées avaient un poids quelconque, mais l'essai fut néanmoins suffisamment précis pour qu'on ait pu enregistrer des variations significatives du stock de sucre par racine. (S correspond à une différence significative à la probabilité de 99 p. 100). On constate qu'au cours des 20 premiers jours de l'essai le stock moyen de sucre par racine paraît avoir augmenté d'une manière significative. Ceci résulte évidemment d'une erreur d'échantillonnage.

servi à effectuer les déterminations primitives n'avaient pas été réalisés par les mêmes opérateurs. L'augmentation apparente des stocks de sucre pouvait dès lors s'expliquer en supposant que l'équipe ayant procédé à la mise en fûts avait négligé les betteraves les plus petites, tandis que les opérateurs ayant prélevé les racines destinées aux déterminations préalables n'avaient fait aucun choix. Ces diverses constatations nous ont édifié sur les difficultés des recherches quantitatives concernant les betteraves et c'est alors que fut entreprise l'étude biométrique évoquée précédemment (voir page 227), grâce à laquelle nous avons imaginé une méthode permettant d'accroître la précision des résultats et qui consistait, rappelons-le, à stocker des betteraves dont le poids était compris entre des limites relativement étroites.

RECHERCHES COMPLÉMENTAIRES

Deux essais complémentaires furent entrepris dans la région de Bucy-le-Long, le premier en 1953, le second en 1954.

Expériences réalisées en 1953.

Conditions générales.

Cette expérience fut réalisée avec des betteraves de la variété *de Vaast K*. Les racines provenaient de quatre parcelles témoins en forme de bandes très allongées (120 m), larges de six rangs (2,70 m), séparées par des séries de bandes identiques correspondant à des traitements par de l'hydrazide maléique.

Les racines décolletées aussi soigneusement que possible furent nettoyées et pesées une à une ; celles dont le poids était compris entre 500 et 650 g furent conservées, comme précédemment, dans des fûts métalliques qu'on remplissait aux trois quarts. Le tri fut réalisé par trois équipes, chacune d'elles préparant trois fûts de racines. L'expérience porta donc sur neuf fûts. Ceux-ci furent placés dans un local dont la température varia entre 3 et 20° au cours de l'essai.

Aucune détermination n'a été faite au moment de la mise en fûts. Les évaluations de poids, de richesses et de stocks furent effectuées au bout de 2, 15, 48, 85 et 141 jours de stockage. Les prélèvements étaient pratiqués selon la méthode indiquée page 230, en utilisant des échantillons d'analyses constitués par 126 betteraves prélevées à raison de 42 au cœur de trois fûts. Ces racines étaient réparties en 21 lots de six sur lesquels on effectuait les diverses déterminations.

Résultats.

Évolution de la température. — Nous n'avons enregistré aucun échauffement des racines ; dans tous les cas, la température intérieure des fûts a suivi fidèlement celle du local où ils étaient entreposés.

Évolution du stock de sucre. — Les résultats des déterminations sont exprimées sous forme de graphiques (fig. 10) qui permettent de suivre l'évolution du poids moyen des racines, de leur richesse et de leur stock de sucre. En examinant la courbe représentant l'évolution du poids moyen, on constate que celui-ci a augmenté pendant quelque temps et l'on aurait pu admettre qu'il s'agissait d'une hydratation des racines. On remarque également qu'une différence de l'ordre de 5 p. 100 (entre le 2e et le 15e jour de conservation) est significative à la probabilité de 99 p. 100 ce qui souligne la précision de la méthode adoptée ; signalons d'ailleurs que dans cet essai la p. p. d. m. s. était voisine de 3 p. 100.

On constate également que la richesse moyenne a diminué au cours de la conservation (fig. 10). Cette diminution a été lente au début, mais elle s'est notablement accélérée à la fin de l'essai. L'examen de la courbe correspondant au stock moyen de sucre par racine suggère en outre que celui-ci aurait légèrement augmenté pendant les deux premières semaines de conservation, puis baissé d'une manière d'ailleurs assez irrégulière. L'augmentation enregistrée pendant les deux premières semaines n'était significative qu'à la probabilité de 90 p. 100. On ne devrait donc pas en tenir compte.

Remarques.

1° Cette augmentation nous a cependant suggéré quelques remarques. Si l'on admet qu'elle correspond à un phénomène réel, on doit estimer par voie

de conséquence que les racines sont capables d'élaborer du sucre au début de leur conservation, ce qui n'est guère plausible. On peut également supposer qu'il apparaît, peu de temps après l'arrachage, une substance autre que du saccharose, substance qui serait fortement dextrogyre, mais rien ne vient étayer une hypothèse de ce genre.

Les deux interprétations qui viennent d'être énoncées paraissant peu vraisem-

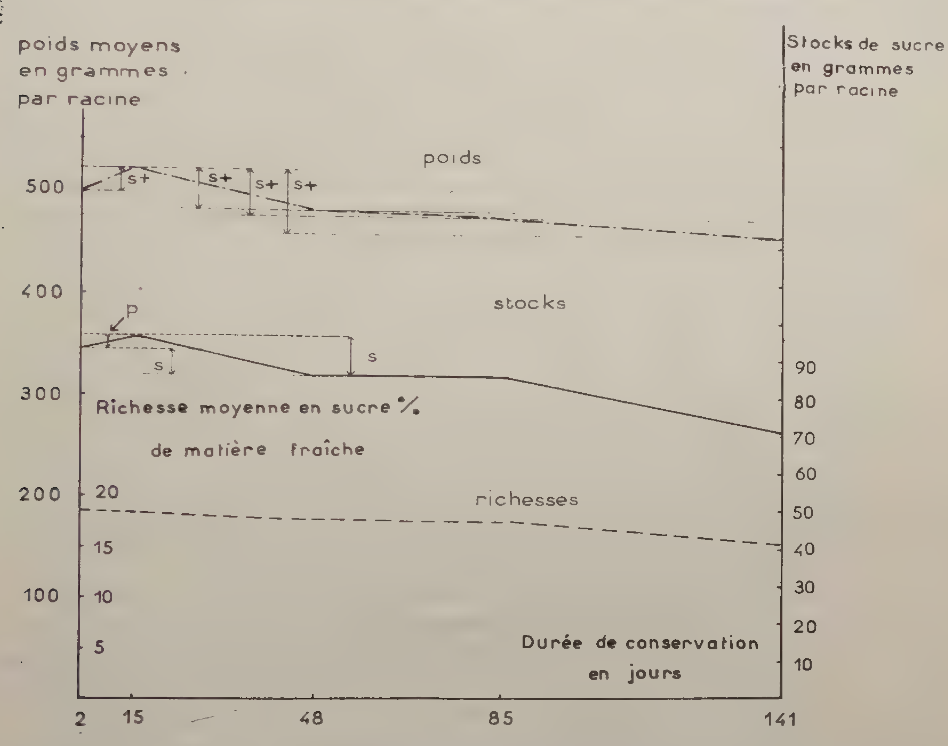


FIG. 10. — *Résultats d'un essai de conservation en fûts réalisé en 1953 avec des betteraves récoltées à Bucy-le-Long*

Afin d'obtenir une précision convenable, les betteraves stockées avaient, dans le cas présent, un poids initial compris entre 500 et 650 grammes.

On constate que de faibles variations de poids ou de stocks furent significatives à la probabilité de 90 p. 100 (*p*) de 99 p. 100 (*s*) ou même de 999 p. 1 000 (*s*+).

Au cours des 15 premiers jours de conservation, le poids moyen a augmenté d'une manière significative. Le stock moyen par racine a également augmenté mais à une probabilité plus faible (90 p. 100). Cette augmentation du stock ne peut évidemment pas correspondre à un phénomène réel ; il doit donc s'agir d'une erreur d'échantillonnage ; les fûts ayant été repris au bout de 15 jours de conservation avaient vraisemblablement été remplis de betteraves dont les poids étaient dans l'ensemble plus près de la limite supérieure que dans le cas des autres fûts.

blables, nous avons finalement admis qu'une faute matérielle avait dû intervenir dans l'essai. Les racines avaient été triées par trois équipes ; chacune d'elles avait préparé le contenu de trois fûts et comme nous l'avons déjà indiqué (p. 228) nous nous sommes demandé si dans ces conditions les trois séries de fûts n'avaient pu présenter au départ des inégalités concernant par exemple le poids moyen des racines. Nous pouvions en effet concevoir, rappelons-le, que l'une des équipes avait eu tendance à prélever des racines dont les poids étaient proches de la limite supérieure et qu'une autre avait au contraire choisi une forte proportion de betteraves dont les

poids étaient voisins de la limite inférieure. Dans ces conditions, les lots contenus dans tous les tonneaux avaient pu ne pas être identiques, et il aurait par exemple suffi d'opérer le second prélèvement sur des fûts renfermant des betteraves dont le poids moyen était proche de la limite supérieure pour enregistrer une élévation de celui-ci par rapport au premier prélèvement.

2° Nous croyons utile de formuler une seconde remarque concernant la variabilité des résultats.

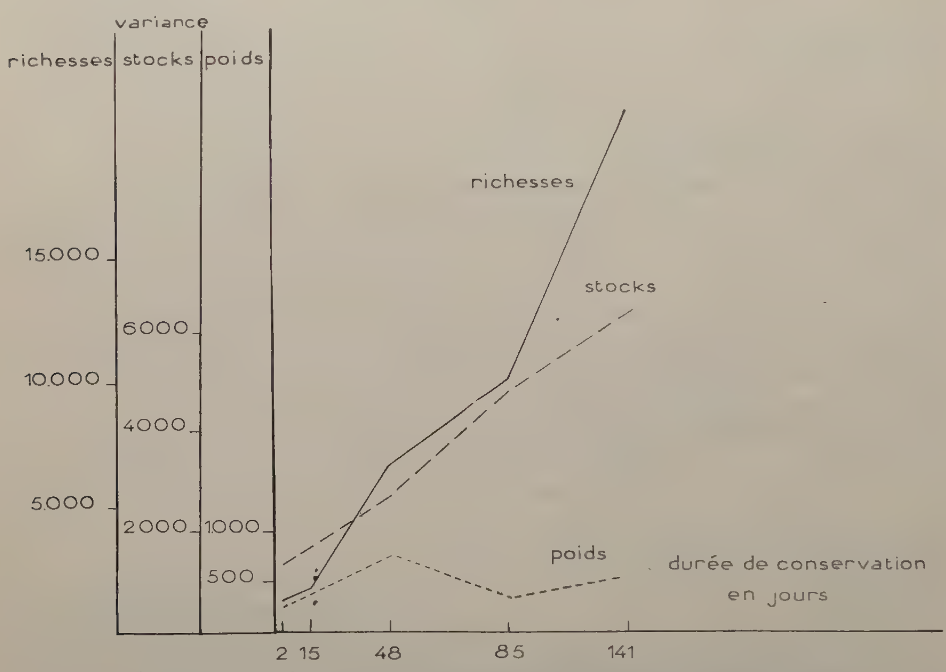


FIG. 11. — *Évolution des variances de données expérimentales recueillies sur des betteraves stockées en fûts*

On constate que la variance des poids ne se modifie pas sensiblement tandis que celle des richesses et celle des stocks augmentent considérablement à mesure que la durée de conservation s'allonge. Ces augmentations des variances des richesses et des stocks résultent de l'altération des racines qui s'opère évidemment d'une manière irrégulière.

La comparaison des données individuelles recueillies à chaque prélèvement nous a donné l'impression que leur variabilité devait s'accroître à mesure que la conservation était plus prolongée, du moins en ce qui concerne les richesses et les stocks de sucre par racine. Nous avons concrétisé cette impression en calculant, au moment de chaque prélèvement, les variances des diverses moyennes.

Les résultats de ces calculs ont été réunis dans un graphique (fig. 11) dont l'examen permet de constater que la variabilité des poids augmente très légèrement avec le temps, tandis que celle des richesses s'accroît d'une manière très importante.

L'augmentation de la variabilité des poids est due au fait que les betteraves se déshydratent plus ou moins au cours de la conservation et les inégalités de cette déshydratation se traduisent par un accroissement de la variabilité de leurs poids, accroissement qui, on peut le voir sur la figure 11, n'est que peu important. Cette inégale déshydratation des racines influe évidemment sur la variabilité des richesses.

Mais celle-ci est surtout influencée par le fait que les betteraves digèrent leur sucre d'une manière irrégulière, et qu'elles sont attaquées d'une manière très inégale par les microorganismes ; ces attaques étant tardives, on s'explique que la variabilité des richesses augmente particulièrement vite en fin d'expérience, alors que la baisse de richesse en sucre s'accélère (comparer les figures 10 et 11).

La variabilité des stocks (fig. 11) se comporte comme celle des richesses en raison même de la manière dont l'évaluation de ceux-ci est faite. Remarquons encore, que la variabilité plus ou moins grande des résultats fournit un mode d'évaluation du degré de conservation des racines et ceci présente un intérêt évident. Enfin, le fait que la variabilité des résultats subisse des modifications importantes au cours du temps, conduit, rappelons-le (voir page 237), à se demander s'il est légitime d'appliquer les tests statistiques usuels aux essais de conservation de betteraves. Pour le savoir, nous avons appliqué, aux résultats de cet essai, le test proposé par BARTLETT.

Dans le cas des poids, cette épreuve n'a pas permis de mettre en évidence de différences significatives entre les variances des diverses séries. Par contre, dans le cas des richesses le test de BARTLETT a révélé l'existence de différences significatives entre les variances des mesures correspondant aux trois premiers prélèvements et aux deux derniers, ce qui nous a suggéré d'entreprendre deux analyses distinctes. La même particularité a été constatée à propos des stocks ; dans ce cas, nous avons pu grouper les données concernant les quatre premiers prélèvements et seul celui effectué au 141e jour de conservation a dû être traité séparément. Ceci se remarque sur la figure 10, car on n'a pas indiqué si le stock correspondant au 141e jour était significativement différent des précédents, alors qu'en fait les différences étaient très importantes. Nous n'avons donc pas tiré de cette expérience de longue durée toutes les informations que nous avions espérées et, par la suite, ceci nous a incités à arrêter les essais avant que la variabilité des résultats ait pu atteindre un niveau tel qu'il faille renoncer à les engager dans une analyse statistique d'ensemble. Le principal intérêt de ces essais fut donc en définitive de définir les limites et les défauts de notre technique.

Expériences réalisées en 1954.

Conditions générales.

Les essais précédents avaient nettement établi qu'en travaillant sur des racines dont les poids étaient compris entre des limites relativement étroites, par exemple 500 et 650 g, on obtenait des résultats suffisamment précis pour que des différences de l'ordre de 4 à 5 p. 100 puissent être considérées comme significatives. Nous avons donc adopté cette méthode pour les essais ultérieurs en perfectionnant toutefois certains points qui paraissaient encore défectueux. Ainsi, nous avons limité la durée des essais à quelques semaines afin d'éviter que l'altération des betteraves puisse modifier la variabilité des résultats au point qu'on doive renoncer à l'emploi des tests statistiques usuels. Et d'autre part, nous avons eu le soin d'homogénéiser complètement les échantillons au début de l'expérience.

On voit en somme que ces essais complémentaires de conservation en fûts ont eu pour objet principal de nous suggérer les retouches nécessaires pour que notre technique devienne un instrument pratique applicable à tout essai de conservation.

En 1954, nous avons réalisé un essai sur la variété *Klein E* ; le champ d'essai fut divisé en quatre séries de bandes très allongées. Chaque série comportait une

parcelle témoin, large de 6 rangs et des parcelles identiques traitées par de l'hydrazide maléique. L'arrachage fut fait le 4 novembre.

Nous avons entrepris un autre essai sur des betteraves de la variété *de Vaast K* en procédant aux arrachages plus tardivement, le 19 novembre.

Les betteraves furent soigneusement décolletées, nettoyées et pesées puis celles dont le poids était compris entre 500 et 650 g furent stockées comme précédemment, les racines étant distribuées d'une manière absolument uniforme entre les fûts, afin que les différents lots soient identiques au départ. Dans le cas des betteraves arrachées le 4 novembre, nous avons prélevé trois types de racines, pesant respectivement 500 à 650 g, 200 à 300 g et enfin 850 à 1 000 g. Cet essai avait pour objet de nous faire savoir si le comportement des racines était indépendant de leurs poids. Dans le cas des petites racines (200 à 300 g) le remplissage des fûts aurait exigé un travail de tri vraiment excessif en raison du nombre qu'il aurait été nécessaire de préparer. Nous nous sommes bornés à utiliser le nombre de petites racines nécessaires aux prélèvements et nous les avons placées dans les fûts entre deux couches de très grosses racines qui occupaient l'espace disponible. Les fûts ont été maintenus dans un local chauffé dont la température oscilla entre 12 et 20°.

Dans le cas des racines pesant 500 à 650 g nous avons tenu à suivre d'aussi près que possible l'évolution du stock de sucre. Pour cela, des prélèvements furent faits au départ puis tous les deux ou trois jours jusqu'à ce que nous ayons enregistré une diminution significative du stock de sucre par racine et nous les avons ensuite espacés davantage. Dans le cas des racines pesant de 200 à 300 ou de 850 à 1 000 g nous n'avons réalisé que deux prélèvements, l'un au moment de la mise en fûts, le second au bout de 70 jours. Les déterminations de poids, de richesses et de stocks furent effectuées comme précédemment sur des échantillons de 125 racines divisés en 21 lots de 6.

Résultats.

Nous considérerons successivement les données recueillies avec les racines dont le poids était compris entre 500 et 650 g puis avec les deux autres catégories.

Racines pesant de 500 à 650 grammes. — Les résultats des deux expériences concernant respectivement les betteraves arrachées le 4 et le 19 novembre sont exprimés par la figure 12. Son examen indique que ces essais furent très précis puisque des différences de l'ordre de 5 p. 100 pouvaient être considérées comme significatives. On remarquera d'autre part, que les courbes ne présentent aucune anomalie pouvant suggérer l'intervention d'erreurs sytématiques.

Dans le cas de la variété *Klein E* récoltée le 4 novembre on a enregistré une baisse significative du stock de sucre au bout de 10 jours de conservation. Au bout de 24 jours la perte était de l'ordre de 4,04 p. 100 du stock initial, et, au 35e jour de la conservation elle atteignit 5,43 p. 100.

Dans le cas de la variété *de Vaast K*, récoltée le 19 novembre, la perte de sucre fut plus rapide : elle devint significative au bout de 6 jours, atteignant alors une valeur de l'ordre de 4,49 p. 100. Puis le stock de sucre ne subit que des modifications insignifiantes jusqu'au 9 décembre, date à laquelle l'expérience prit fin.

Il n'est pas possible de savoir la cause de cette différence de comportement des betteraves dans les deux expériences, car nous avions fait varier simultanément deux conditions : variété et date d'arrachage. On remarquera enfin que les deux courbes de la fig. 12 ont un caractère commun : la légère diminution du stock de sucre

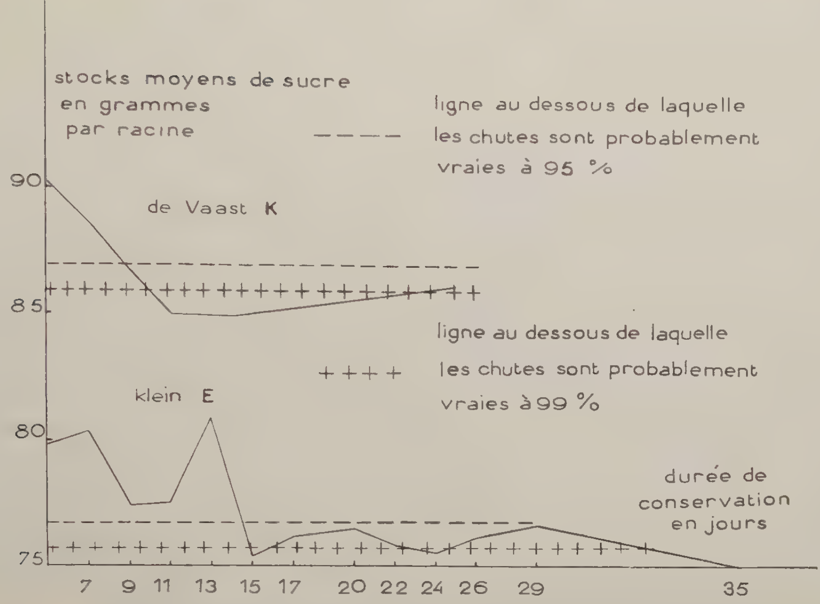


FIG. 12 — *Résultats d'un essai de conservation en fûts réalisé avec des betteraves pesant de 500 à 650 grammes*

La répartition des racines entre les divers fûts utilisés dans cette expérience fut faite d'une manière telle qu'au départ tous les lots étaient vraiment identiques. On n'observe aucune anomalie dans les variations du stock de sucre au cours de la conservation. La courbe située à la partie supérieure correspond à des betteraves de la variété *de Vaast K* qui furent récoltées le 19 novembre ; la courbe située à la partie inférieure du graphique correspond à des betteraves de la variété *Klein E* qui furent récoltées le 4 novembre.

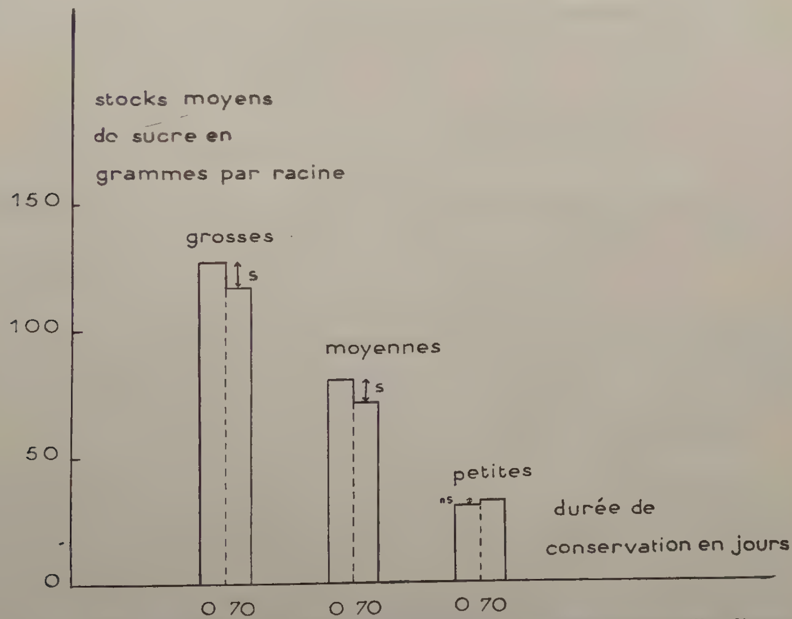


FIG. 13. — *Résultats d'un essai de conservation en fûts, de betteraves de tailles diverses.*
On constate que les petites racines se sont particulièrement bien comportées.

enregistrée au début est suivie d'un palier ; ceci est en accord avec les résultats des essais précédents.

Petites et grosses racines. — L'essai entrepris sur des racines pesant de 200 à 300 grammes et de 850 à 1 000 g avait pour objet de nous faire savoir si le comportement des betteraves au cours de la conservation dépendait ou non de leur poids.

Étant donné le caractère limité de l'information que nous nous proposions de recueillir, il nous a paru inutile de suivre de très près l'évolution de ces racines et, rappelons-le, nous n'avons réalisé que deux déterminations : la première au moment de la mise en fûts, la seconde au bout de 70 jours de conservation. Les données ainsi obtenues furent naturellement confrontées avec celles fournies par des racines pesant de 500 à 650 g. L'examen de la figure 13, qui résume les résultats de cet essai, révèle que les petites racines n'ont subi aucune perte de sucre, tandis que les autres ont digéré leur sucre d'une manière appréciable Il semblerait donc que les petites racines dont on pourrait penser qu'elles n'étaient pas encore parvenues à maturité manifestaient de ce fait une tendance marquée à la rétention de leur saccharose. Ceci paraît corroboré par le fait que la richesse saccharine des petites racines était un peu inférieure à celle des betteraves plus volumineuses. Remarquons à ce propos que nos résultats sont en contradiction avec l'opinion classique selon laquelle il existerait une relation inverse entre le poids et la richesse. Mais nous ne pouvons être vraiment affirmatifs car cet essai n'a pas été répété.

CONCLUSIONS

Les expériences de conservation en fûts ont atteint leur but qui était surtout d'ordre méthodologique ; grâce à elles nous avons précisé les conditions devant être respectées pour réaliser des essais corrects et elles ont grandement facilité le déroulement des travaux réalisés ultérieurement sur des silos industriels, travaux que nous allons examiner à présent.

2) Évolution du stock de sucre de racines conservées en silos

Nous examinerons successivement la conservation en petits silos puis celle en gros silos établis sur caniveaux.

a) CONSERVATION EN PETITS SILOS

On étudiera d'abord la conservation de betteraves saines et dépourvues de terre puis celle de betteraves blessées ou enrobées dans une grande quantité de terre.

ÉVOLUTION DE BETTERAVES SAINES ET DÉPOURVUES DE TERRE.

Ces travaux ont été entrepris à l'aide de la « méthode des filets » qui a été décrite précédemment avec suffisamment de détails pour qu'il soit inutile d'y revenir. Rappelons simplement que les racines triées furent réunies en un seul lot puis réparties d'une manière uniforme, c'est-à-dire racine par racine entre les divers filets nécessaires à l'essai. De cette manière, les contenus des filets étaient tous identiques en début d'expérience. On a utilisé, selon les années, des racines dont les poids étaient

compris entre 500 et 650 g, 550 et 700 g ; ou enfin 650 et 800 g. Nous examinerons successivement le comportement de silos établis sur terre, puis sur ciment.

Silos établis sur terre.

Conditions générales ; nous avons entrepris quatre expériences distinctes de 1954 à 1957. Les conditions générales furent les mêmes dans tous les cas, mais la durée de conservation, la fréquence des prélèvements, et les variétés de betteraves utilisées différaient d'une année à l'autre.

Le but essentiel des deux premières expériences (1954 et 1955) fut d'éprouver la validité de la « méthode des filets ». Les silos furent conservés pendant un mois et demi à 2 mois, au cours desquels nous avons réalisé 2 à 4 reprises en vue de la détermination des poids, des richesses, et des stocks. Les deux derniers essais réalisés en 1956 et 1957 permirent de savoir le temps pendant lequel des betteraves ne subissent aucune perte significative de leur stock glucidique. Leur durée n'excéda pas 36 jours mais en revanche les reprises furent effectuées à intervalles de 2 et 4 jours du moins au début du stockage. L'examen du tableau 6 permet d'avoir une idée d'ensemble des conditions générales de ces essais. On remarquera que le dernier a porté à la fois sur des betteraves diploïdes et polyploïdes.

TABLEAU 6

Conditions des essais de conservation en petits silos (méthode des filets)

Année de l'essai	Variétés de betteraves	Quantité de terre % (moyenne de la campagne)	Temps de conservation au moment des prélèvements (en jours)	Poids initiaux	Richesse moyenne initiale	Nombre des racines utilisées à chaque prélèvement
1954	*Klein E*	46	0, 19, 33, 45,	550 à 700 g	16,58	42 lots de 6 racines (6 filets)
1955	*de Vaast K*	20	0, 22, 55,	500 à 650 g	18,12	21 lots de 6 racines (3 filets)
			0, 61,	500 à 650 g	17,97	21 lots de 6 racines (3 filets)
1956	*de Vaast K*	42	0, 6, 9, 12, 15, 19, 22,	500 à 650 g	16,62	21 lots de 6 racines (3 filets)
1957	*de Vaast K* *Desprez polyploïae* *Klein polyploïde*	35	0, 4, 8, 11, 14 18, 22, 36.	500 à 650 g 550 à 700 g 650 à 800 g	17,25 17,39 17,13	20 lots de 5 racines (2 filets)

Résultats.

Nous examinerons d'abord les résultats des essais préliminaires de longue durée puis ceux des essais complémentaires de durée plus brève.

Essais préliminaires.

Les résultats des essais entrepris en 1954 et en 1955 sont résumés dans le tableau 7. L'examen de ce tableau permet de constater que les expériences

TABLEAU 7

Évolution de betteraves conservées en petits silos (méthode des filets)

S correspond à une perte significative de sucre par rapport au stock initial ; nS correspond à une différence non significative.

Année	Variété	Maturité	Déterminations	Durée de conservation en jours						
				0	19	22	33	45	55	61
1954	*Klein E.*	Incomplète	Poids moyen en grammes.	506,14	519,21	—	529,82	528,92	—	—
			Richesse moyenne en g p. 100 de matière fraîche.	16,58	16,22	—	15,28	14,35	—	—
			Stock moyen de sucre en g par racine.	83,90	84,2	—	80,6	75,8	—	—
			Différence en p. 100 du stock initial.	—	+ 0,35 % nS	—	— 3,94 % S	— 9,76 % S	—	—
1955	*De Vaast K*	Incomplète	Poids moyen en g.	539,36	—	510,19	—	—	481	—
			Richesse moyenne en g p. 100 de matière fraîche.	18,12	—	18,87	—	—	18,78	—
			Stock moyen de sucre en g par racine.	96,60	—	96,20	—	—	90,33	—
			Différence en p. 100 du stock initial.	—	—	— 0,41 % nS	—	—	— 6,46 % S	—
		Complète	Poids moyen en g.	548	—	—	—	—	—	577,91
			Richesse moyenne en g p. 100 de matière fraîche.	17,97	—	—	—	—	—	15,22
			Stock moyen de sucre en g par racine.	96,61	—	—	—	—	—	88,12
			Différence en p. 100 du stock initial.	—	—	—	—	—	—	— 8,75 % S

furent très précises puisque des différences inférieures à 4 p. 100 pouvaient être considérées comme significatives. On remarque aussi qu'au bout de 2 semaines de stockage aucune perte significative ne s'est produite. C'est seulement à partir de 45 jours de conservation qu'on a enregistré une perte importante de l'ordre de 10 p. 100 (tableau 7). Le fléchissement du stock de sucre se situait donc entre la limite inférieure minimum de 15 jours et la limite supérieure maximum de 45 jours. Ceci montre, comme nous l'avons déjà signalé (voir page 224), que la perte de sucre des betteraves ensilées n'est pas une fonction linéaire du temps. Dans le cas présent elle doit être apparentée à une fonction exponentielle et il s'agirait donc vraisemblablement d'un phénomène d'autocatalyse.

Les résultats de ces deux premiers essais nous ont suggéré qu'il serait particulière-

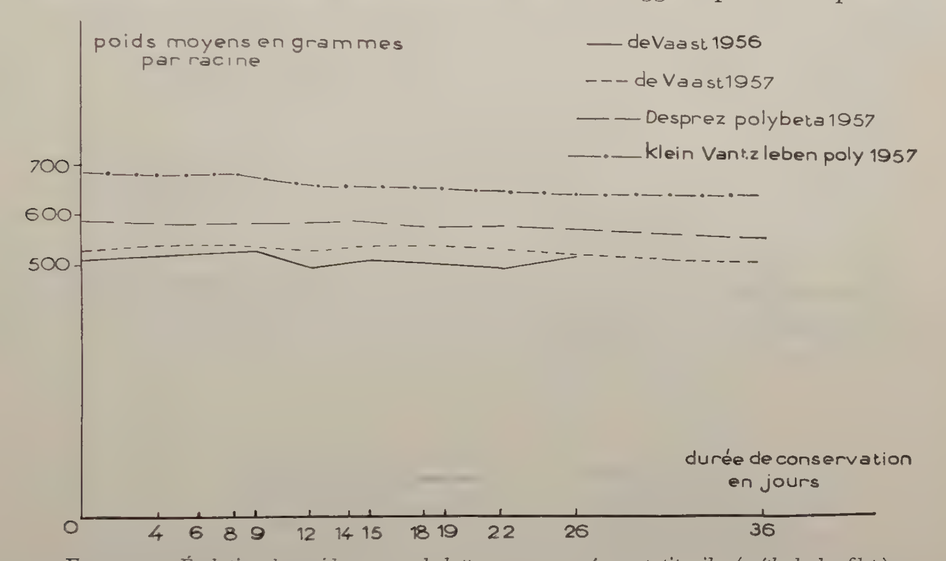


FIG. 14. — *Évolution des poids moyens de betteraves conservées en petits silos (méthode des filets)*

Les poids moyens n'ont varié que faiblement pendant toute la durée de l'expérience. On a indiqué en face de chaque variété l'année pendant laquelle l'essai correspondant a été réalisé.

rement intéressant de préciser le moment auquel la perte de sucre de betteraves ensilées devient significative et c'est pourquoi nous avons entrepris des essais complémentaires.

Essais complémentaires : Comportement comparé de betteraves diploïdes et polyploïdes. — Les résultats des essais complémentaires entrepris en 1956 et 1957 sont exprimés par des graphiques dont l'examen permet d'apprécier l'évolution des poids moyens (fig. 14), des richesses moyennes (fig. 15) et des stocks moyens (fig. 16).

Les essais furent très précis, ce qui s'est exprimé par le fait que la p. p. d. m. s. n'excéda pas 3 à 4 p. 100, et l'on peut voir en outre que les courbes relatives à l'évolution des poids, des richesses et des stocks sont très régulières.

En 1956, on n'a enregistré aucune perte significative avant 15 jours de conservation (fig. 16) et d'autre part dans tous les essais réalisés en 1957, on n'a mis en évidence aucune perte significative, même à la fin des épreuves alors que les silos étaient âgés de 36 jours (fig. 16).

Signalons enfin que les betteraves polyploïdes se sont comportées de la même

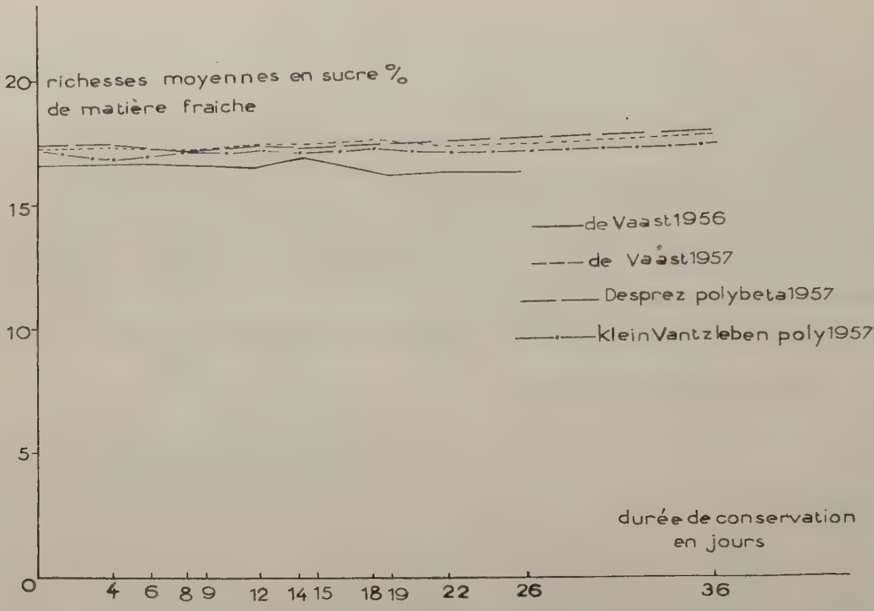


Fig. 15. — *Évolution des richesses moyennes de betteraves conservées en petits silos (méthode des filets)*

Les richesses n'ont varié que faiblement sauf en 1956 où l'on a enregistré entre le 16e et le 18e jour une diminution notable de la teneur en sucre des tissus. On remarque que les betteraves polyploïdes se sont comportées de la même manière que les témoins diploïdes.

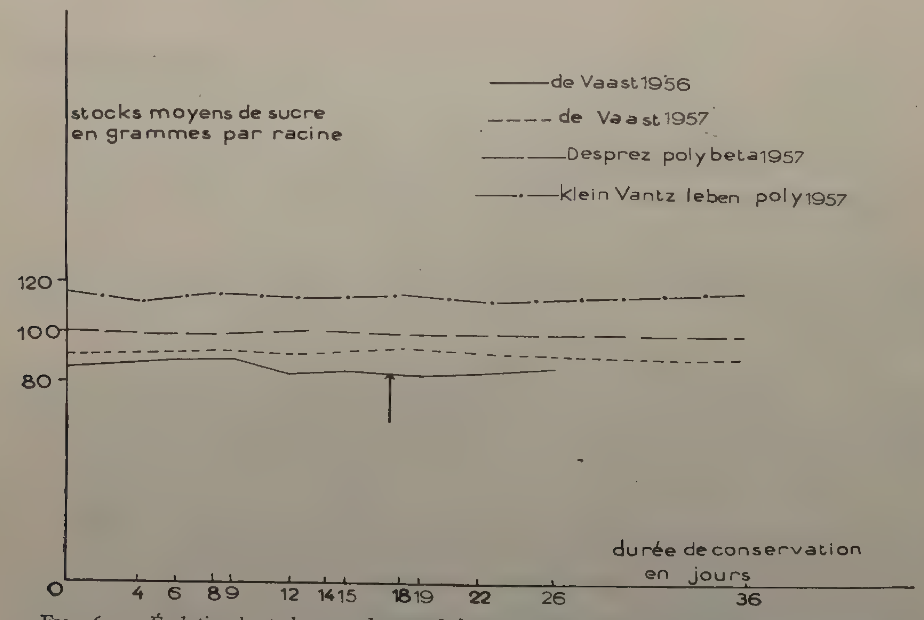


Fig. 16. — *Évolution du stock moyen de sucre de betteraves conservées en petits silos (méthode des filets)*

On n'a enregistré aucune diminution significative du stock de sucre, sauf pour la variété *de Vaast*, en 1956. Dans ce cas les racines avaient subi une perte significative entre le 15e et le 17e jour de conservation (point indiqué par la flèche). On remarque, en outre, que les betteraves polyploïdes se sont comportées de la même manière que les témoins diploïdes.

manière que les betteraves diploïdes (fig. 14, 15 et 16). Les conséquences pratiques de ces divers résultats seront examinées dans la conclusion de notre travail.

Silo établi sur ciment.

En 1956, nous avons comparé le comportement de deux silos identiques, édifiés à la même époque, situés à une distance d'une dizaine de mètres l'un de l'autre et établis, l'un sur terre, l'autre sur ciment. Comme précédemment, des racines (variété *Hilleshog*) récoltées dans un champ proche de Bucy-le-Long et dont le poids était compris entre 500 et 650 g furent conservées en filets, disposés dans le plan médian des silos, à 0,60 m du fond. Les résultats de cette comparaison ont été exprimés sous la forme d'un graphique (fig. 17).

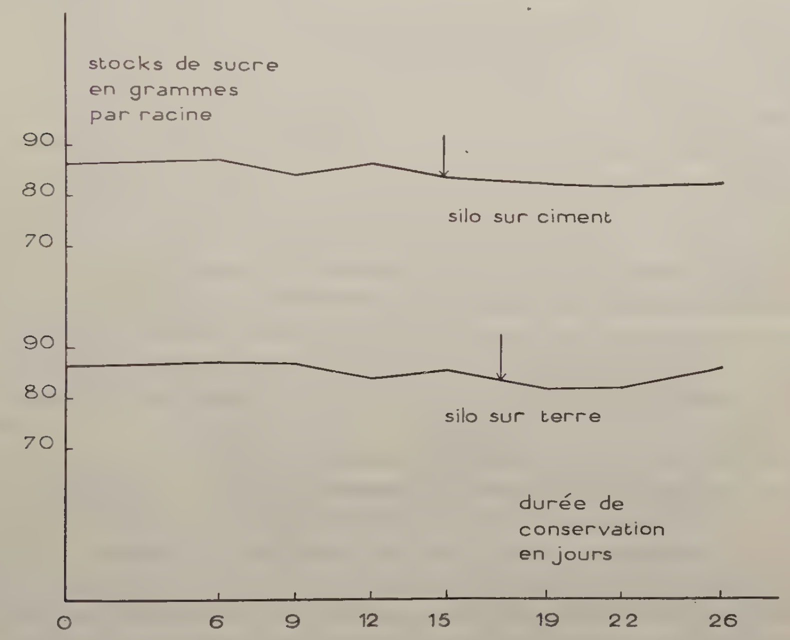


FIG. 17 — *Influence de la nature du sol sur l'évolution du stock de sucre de betteraves conservées en petits silos (méthode des filets).*

Les flèches indiquent les moments auquels les racines ont subi une perte significative de leur stock de sucre. On peut voir que cette perte a été un peu plus précoce dans le cas du silo établi sur ciment que dans celui du silo établi sur terre.

L'examen de celui-ci, indique que la perte de sucre devint significative vers le 15e jour dans le cas du silo établi sur ciment et 3 jours plus tard dans le cas du silo établi sur terre. On remarque que l'allure des deux courbes est semblable et comme nous n'avons réalisé aucune détermination entre le 15e et le 19e jour de conservation il est difficile d'affirmer en toute certitude que le décalage de trois jours que nous avons observé correspond à un phénomène réel. Dans cet essai, la différence de nature des sols n'a guère eu d'influence sur la conservation des betteraves.

INFLUENCE DE LA TERRE ET DES BLESSURES SUR L'ÉVOLUTION DES SILOS.

Le mode d'échantillonnage adopté dans les essais qui viennent d'être décrits comportait une pesée préalable des racines, pesée qui n'était réalisable qu'après avoir

nettoyé celles-ci. Or, ce nettoyage ne pouvait pas être pratiqué si l'on voulait étudier le comportement de betteraves enrobées de terre plus ou moins mêlée de feuilles. Pour entreprendre une étude de de genre il fallait évidemment renoncer à peser, les racines au moment de l'établissement des silos.

Deux procédés furent alors essayés, l'un faisant appel, comme précédemment, à l'emploi de filets, l'autre consistant à établir un « silo homogène ».

Emploi de la méthode des filets.

Conditions générales de l'essai.

Cette expérience fut entreprise en 1956 sur des betteraves de la variété *de Vaast*, cultivées dans un champ dépendant de la sucrerie de Bucy-le-Long. Nous avons employé trois types de racines :

1° des betteraves arrachées et nettoyées à la main : ces racines étaient absolument intactes.

2° des betteraves arrachées à la main et non nettoyées. Ces racines étaient également intactes, mais souillées d'une quantité de terre très importante. La tare [1] atteignait en effet une valeur d'environ 80 p. 100.

3° des betteraves arrachées à la main et nettoyées au moyen d'un décrotteur (type « soissonnais »). Ces racines étaient presque propres mais plus ou moins blessées.

Dans les trois cas, les racines furent prélevées au jugé sans le secours d'une balance, en s'efforçant néanmoins de ne retenir que celles dont la taille semblait moyenne. Comme précédemment, les betteraves furent réparties au hasard en lots que nous avons enfermés dans des filets de nylon et ceux-ci furent finalement placés dans de petits silos. Les déterminations de poids, de richesses, et de stocks furent faites deux fois par semaine. Nous avons pensé que la présence de terre, en empêchant de peser les racines, nuirait à la précision des résultats et que la variabilité des poids serait largement supérieure à celle obtenue dans les essais précédents. Aussi avons-nous tenté de compenser les effets de cette variabilité, en doublant le nombre des racines servant à l'établissement de chaque moyenne ; ceci fut obtenu en groupant les résultats de deux déterminations successives. Celles-ci furent faites deux fois par semaine et, en les groupant deux à deux, nous avons obtenu une série de moyennes hebdomadaires dont chacune correspondait aux données recueillies sur 42 lots de 5 racines. Nous avons en outre réalisé une répétition de cet essai.

Résultats.

Les résultats de cette expérience ont été réunis sous la forme d'un graphique (fig. 18) dont l'examen permet d'apprécier l'évolution du stock de sucre. On peut constater que les variations sont assez incohérentes. Certains stocks, après avoir diminué d'une manière notable ont paru s'accroître par la suite. D'autre part la concordance entre les résultats fournis par les deux répétitions n'a pas été satisfaisante. Ces diverses anomalies suggèrent qu'il devait exister d'importantes différences initiales entre les divers lots de racines et nous avons alors renoncé à travailler avec cette méthode.

[1] En sucrerie la « tare » exprime le pourcentage de terre par rapport au poids total des betteraves y compris la terre dont elles sont souillées.

Emploi de la méthode du « silo homogène ».

Conditions générales de l'essai.

En 1956, nous avons constitué un silo homogène selon la technique décrite précédemment (voir fig. 6). Les betteraves utilisées appartenaient à plusieurs variétés ; elles provenaient de champs de la région de Bucy-le-Long. Le silo avait 5 m de largeur à la base et 3 m de haut. Il était donc plus important que les petits silos employés dans les autres essais. Les prélèvements furent faits à la grue, en enfonçant le crapaud jusqu'à 1,50 m du sol. Nous avons utilisé pour chaque détermination le contenu d'un seul crapaud, c'est-à-dire environ 400 racines qui, rappelons-le, furent analysées par lots de 5.

La première détermination fut faite au moment de la constitution du silo et les suivantes après 5, 8, 12, 15, 19, et 22 jours de conservation.

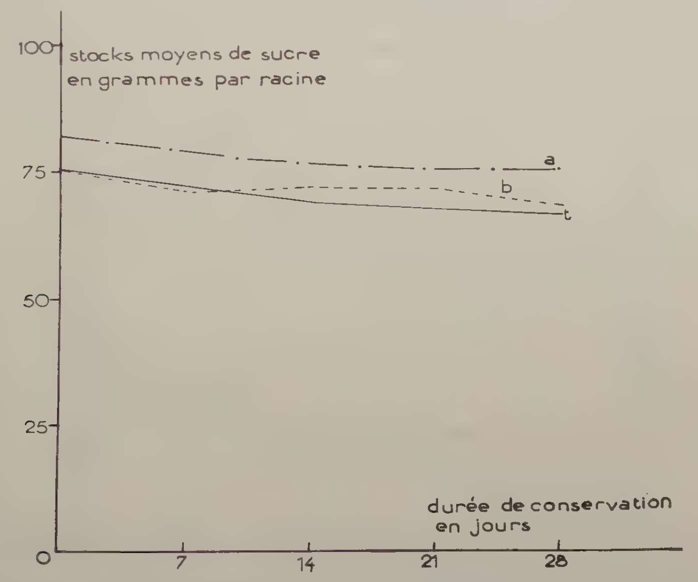


FIG. 18. — *Influence de la terre et des blessures sur la conservation des betteraves en petits silos (méthode des filets sans pesée préalable).*

t : courbe exprimant l'évolution du stock de sucre de betteraves ayant été arrachées et nettoyées à la main. Ces racines étaient intactes et propres.

b : courbe correspondant à des racines arrachées à la main mais non nettoyées ; ces racines étaient intactes mais souillées d'une grande quantité de terre (la tare atteignait 80 p. 100).

a : courbe correspondant à des racines arrachées et nettoyées à la machine ; elles étaient propres mais blessées.

On peut constater que l'évolution du stock de sucre a été semblable dans les trois cas. L'essai a d'ailleurs été peu précis car l'obligation de ne pas nettoyer les racines dans un cas (b) nous avait empêchés de les peser au moment de leur mise en silo. Les échantillons conservés étaient constitués par des betteraves d'un poids quelconque et de ce fait, on n'a pas enregistré de différences significatives.

Résultats.

Si l'on examine le graphique qui résume les résultats de cet essai (fig. 19), on constate que la richesse moyenne a diminué graduellement et, qu'au bout de 22 jours, cette diminution atteignait une unité. Par contre, les variations des poids moyens furent anarchiques et dans l'ensemble ils augmentèrent au cours de la conservation. On pouvait en déduire soit que les racines s'étaient hydratées progressivement soit, ce

qui était plus plausible, que la méthode d'échantillonnage n'était pas satisfaisante.

Cette irrégularité des poids ne s'est pas répercutée sur les stocks par suite d'une corrélation inverse entre les poids et les richesses. La courbe concernant l'évolution des stocks présente de ce fait une allure assez régulière : mais par suite de la grande variabilité des données individuelles, l'essai fut peu précis et la diminution du stock moyen enregistrée à la fin de l'essai n'a pas été significative.

Cet essai préliminaire ne fut donc pas concluant. La méthode utilisée semble valable mais il serait nécessaire de la perfectionner en augmenant l'importance de chaque prélèvement car, nous l'avons vu, il est nécessaire de travailler sur au moins 600 betteraves pour obtenir une précision convenable. C'est ainsi que nous opérerions si nous devions reprendre ce type d'essai.

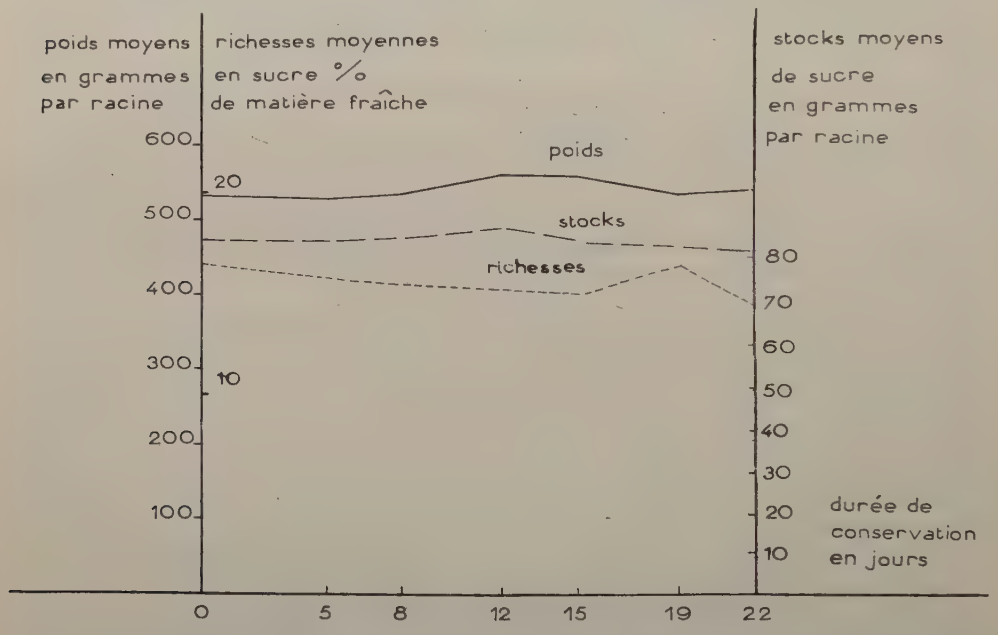


FIG. 19. — *Évolution du stock de sucre de betteraves conservées en petits silos* (*méthode du silo homogène*)

On constate que les variations des poids et des stocks sont anarchiques, ce qui est dû à l'imprécision de la méthode employée. Il en résulte que les variations enregistrées ne sont pas significatives et l'on ne peut donc formuler aucune conclusion relativement aux données fournies par cet essai.

b) CONSERVATION EN GROS SILOS.

Les silos de grande taille qu'on établit sur caniveaux dans les usines constituent en principe des stocks de sécurité devant pallier les irrégularités des livraisons. On ne devrait donc les garder que durant l'interruption de la réception des betteraves c'est-à-dire pendant une douzaine à une trentaine d'heures selon qu'il s'agit d'une interruption nocturne ou d'un arrêt dominical des livraisons. Mais en pratique, le souci d'éviter toute rupture de stocks amène fréquemment à conserver ces grands silos pendant 4 à 6 jours, et nous avons même constaté que certaines usines en conservaient pendant un à deux mois.

Il nous a paru intéressant de rechercher quelle pouvait être l'évolution du stock de sucre de ces énormes amas de racines. Deux essais furent réalisés à la sucrerie de

Bucy-le-Long, l'un en 1956, l'autre en 1957. (Le premier essai a été réalisé sur des betteraves de la variété *Hilleshog*, le second sur un mélange de diverses variétés.) Dans les deux cas nous avons adopté la méthode des filets : les racines triées pesaient initialement de 500 à 650 g. Chaque échantillon correspondant à une détermination de poids, de richesses et de stocks, était constitué par 105 racines que l'on répartissait au moment des analyses en 21 lots de 5.

Essai de 1956.

Le silo établi sur terre avait une hauteur de 4 mètres et une largeur à la base de l'ordre de 10 mètres. Les filets contenant les betteraves triées furent disposés dans le plan diamétral du silo, à 0,50 m, 1,50 m et 2, 50 m au-dessus du sol (voir fig. 5A, p. 232). Nous avons effectué les déterminations habituelles au moment de la constitution du silo, puis au bout de 6, 9, 12, 15, 19, 22 et 26 jours de conservation.

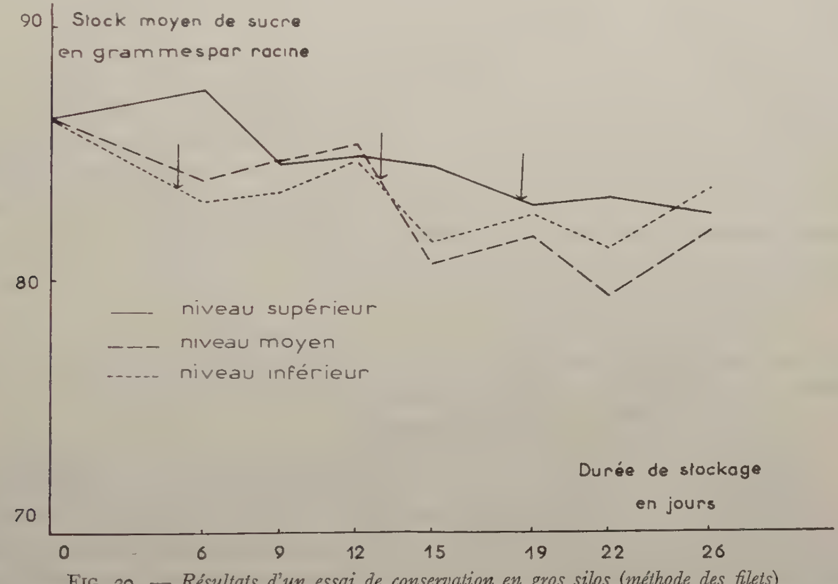


Fig. 20. — *Résultats d'un essai de conservation en gros silos* (*méthode des filets*)

Ce graphique concerne des résultats obtenus avec un silo conforme au schéma représenté par la figure 5 A p 232. Les flèches indiquent les moments auxquels on a enregistré des pertes de sucre significatives. On constate que celles-ci se sont produites avant le 6e jour pour les betteraves les plus proches du sol, entre le 12e et le 15e jour pour le niveau intermédiaire et enfin entre le 15e et le 19e jour pour le niveau le plus proche du sommet du silo. Dans l'ensemble, la conservation est donc moins bonne en grands silos qu'en petits silos.

Les variations des poids moyens, des richesses moyennes et par conséquent des stocks moyens de sucre par racine furent assez irrégulières, mais nous avons néanmoins enregistré des diminutions significatives des stocks de sucre. Celles-ci (fig. 20) se produisirent avant le 6e jour pour les betteraves les plus proches du sol, entre le 12e et le 15e jour pour celles du niveau intermédiaire et enfin entre le 15e et le 19e jour pour les plus proches du sommet du silo.

Les résultats suggèrent donc que les betteraves localisées dans la profondeur d'un silo de grande taille s'altèrent plus rapidement que celles situées à proximité de la surface. On remarquera en outre que les racines du niveau supérieur se sont comportées comme celles conservées en petits silos, ce qui confirme les données précédentes (voir fig. 16, p. 252). Le tableau ci-après (tabl. 8) qui résume les résultats

fournis par ce premier essai entrepris sur un silo de grande taille permet d'apprécier très simplement l'évolution de la perte globale de sucre.

TABLEAU 8

Pertes de sucre subies par des betteraves conservées en grand silo

Niveau des racines	Avant 6 jours	Entre 6 et 12 jours	Entre 12 et 15 jours	Entre 15 et 19 jours
Inférieur (0,50 m du sol)	3,5 %		5 %	
Moyen (1,50 m du sol)	résultat non significatif	résultat non significatif	5 %	
Supérieur (2,50 m du sol)	résultat non significatif	résultat non significatif	résultat non significatif	3,5 %

La section du silo étant triangulaire, on pouvait estimer que le niveau supérieur contenait 1/9 des betteraves, le niveau moyen 3/9, et le niveau inférieur 5/9. En appliquant ces données à un silo de 3,50 m à 4 m de haut constitué par exemple par 1 000 tonnes de betteraves et qui dans le cas de nos expériences, aurait représenté 162 000 kg de sucre, on aboutirait à des pertes de l'ordre de :

3 150 kg de sucre au bout de 6 jours ;
7 200 kg au bout de 15 jours ;
7 830 kg au bout de 19 jours.

Il n'est donc pas douteux que la conservation en silos de grande taille peut occasionner des pertes précoces et importantes.

Essai de 1957.

Ce second essai a été réalisé à l'usine de Bucy-le-Long, dans des conditions très proches de la pratique, c'est-à-dire sur caniveau. L'aire en ciment sur laquelle fut édifié le silo, avait une largeur totale de 13 m et présentait la forme d'un dièdre largement ouvert (voir fig. 5 B, p. 233). Des betteraves de la variété *de Vaast* furent triées comme précédemment et nous avons retenu celles dont le poids était compris entre 500 et 650 g. Ces betteraves furent enfermées dans des filets de nylon qui furent répartis en divers points du silo selon le schéma représenté par la figure 5 B, page 233. Trois séries de filets furent placées dans le plan diamétral du silo; certains lots étaient à une cinquantaine de centimètres du fond (niveau médian inférieur), d'autres à 2,75 m du fond (niveau médian moyen), d'autres enfin à 4,50 m du fond (niveau médian supérieur), c'est-à-dire à 1,20 m du sommet du silo qui mesurait environ 6,20 m de haut. D'autres filets furent en outre placés à 50 cm du fond du silo mais latéralement, les uns à 2,50 m du plan médian (niveau inférieur intermédiaire), les autres à 5 m du plan médian (niveau inférieur latéral) c'est-à-dire à 1,50 m de la surface latérale du silo.

Les filets correspondant à chacune de ces localisations furent placés dans un plan perpendiculaire à l'arête du silo ; quatre séries identiques furent disposées dans quatre plans espacés de 3,50 m dans le sens de la longueur du silo. Les déterminations furent faites au moment de l'édification du silo puis après 2, 5, 7, et 12 jours de

conservation, les betteraves correspondant à chaque prélèvement étant naturellement situées dans un même plan vertical.

Les résultats de cet essai sont résumés dans le tableau 9. En examinant celui-ci, on constate que les betteraves du niveau supérieur n'ont pas subi de perte significative de leur stock de sucre pendant toute la durée de la conservation, ce qui est conforme aux résultats fournis par tous les essais précédents. Par contre, on a enregistré des pertes dans tous les autres cas, pertes qui furent d'autant plus précoces et importantes qu'il s'agissait de racines enfouies plus profondément. Les résultats présentent malheureusement une anomalie ; en effet on n'a pas enregistré de perte significative après 7 jours de conservation, et d'autre part, au bout de 12 jours, seules les betteraves situées au niveau médian moyen semblaient avoir perdu du sucre d'une manière significative.

TABLEAU 9

Évolution du stock de sucre de betteraves conservées en grand silo.

Les valeurs contenues dans ce tableau correspondent à des pertes de sucre en pourcentage du stock initial. Seules les pertes significatives ont été indiquées. Le signe — signifie qu'on n'a pas enregistré de perte significative. On remarquera qu'une perte de l'ordre de 2,5 p. 100 a pu être considérée comme significative, ce qui indique que l'essai fut très précis.

Durée de conservation	Localisation des betteraves dans le silo (voir fig. 5 B, page 233).				
	Niveau inférieur médian	Niveau moyen médian	Niveau supérieur médian	Niveau inférieur intermédiaire	Niveau inférieur latéral
2 jours	3,22 %	—	—	3,80 %	–
5 jours	6,10 %	3,22 %	—	5,00 %	2,48 %
7 jours	—	—	—	—	—
12 jours	—	3,18 %	—	—	—

On doit en déduire que les lots de betteraves ayant servi aux déterminations n'étaient pas identiques au départ, ou bien que les diverses tranches verticales du silo ne correspondaient pas à des conditions de conservation identiques dans le sens de la longueur. Cette seconde hypothèse est particulièrement plausible car le degré de colmatage par la terre différait sensiblement d'un point à l'autre du silo. D'autre part, les betteraves ayant servi aux deux dernières déterminations étaient proches de l'une des extrémités du silo et, pour un même niveau, leur enfouissement était donc plus faible que celui des racines utilisées lors des premières déterminations.

B. — Conservation de betteraves ayant été traitées par l'hydrazide maléique ou ses dérivés

Ces essais ont été réalisés uniquement avec des betteraves diploïdes conservées soit en fûts soit en silos. Ils furent naturellement jumelés avec des essais sur betteraves non traitées constituant des témoins et dont nous avons d'ailleurs parlé précédemment (pages 240 à 252).

Nous examinerons d'abord les essais réalisés en fûts puis ceux en silos.

1) Essais réalisés en fûts

Nous décrirons successivement des essais préliminaires entrepris en 1952 puis des recherches complémentaires réalisées en 1953 et en 1954.

a) essais préliminaires

Conditions générales.

Deux expériences furent réalisées sur des betteraves provenant de deux essais de rendement situés, l'un dans la région de Bucy-le-Long, l'autre dans la région d'Eppeville.

Nous avons utilisé trois produits [1]. Du sel de diéthanolamine d'origine américaine (MH30), un produit analogue préparé par la compagnie de Saint-Gobain (MH30G) et enfin un mélange préparé par la compagnie de Saint-Gobain, constitué par des sels de diéthanolamine de l'hydrazide maléique cyclique et d'hydrazides non cycliques qui étaient dépourvus d'activité (MH30GI). Les doses utilisées pour chaque produit furent de l'ordre de 1,83 et 3,66 kg à l'hectare ; ces doses correspondent à l'hydrazide proprement dit contenu dans les produits ce qui nous a permis de comparer valablement les diverses préparations. Le volume de liquide épandu fut constamment de l'ordre de 550 l à l'hectare. Les parcelles au nombre de 6, pour chaque condition, ont été réparties en 6 blocs ; leur surface était égale à 108 m².

A Bucy, nous avons travaillé sur la variété *Hilleshog* ; à Eppeville on a employé la variété *Cérès*.

Les traitements furent pratiqués par beau temps le 10 octobre 1952 à Bucy et le 11 octobre à Eppeville. La sécheresse persista pendant plusieurs jours à Bucy, tandis qu'à Eppeville les parcelles reçurent, 19 heures après le traitement, une pluie très légère, nettement inférieure à 1 mm. Les arrachages furent effectués 33 jours après les traitements. Les racines furent décolletées puis abandonnées sur le terrain pendant deux jours ; elles furent alors ramassées au hasard et réparties également au hasard dans les fûts ; chaque condition était représentée par 12 fûts sauf dans le cas des témoins pour lesquels, rappelons-le, nous avons doublé le nombre des fûts (voir page 239).

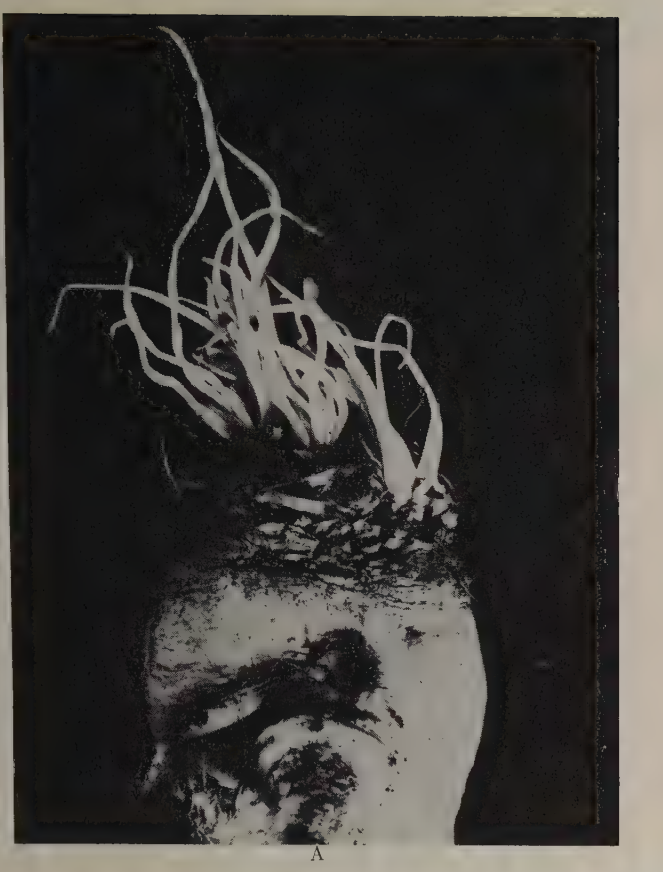
Les fûts ont été conservés dans un local à une température allant de 5 à 14°. Les déterminations de poids, de richesses et de stocks furent faites au moment de la récolte puis après 20, 60 et 120 jours de conservation. Les échantillons correspondant à chaque condition étaient constitués par 72 betteraves prélevées à raison de 18 par fût et réparties en 12 lots d'analyse comportant chacun 6 racines. Rappelons que dans le cas des témoins, nous avons utilisé un nombre double de racines, c'est-à-dire 144, réparties en 24 lots d'analyse.

Résultats.

Évolution de la température et comportement général des racines.

La température des racines conservées en fûts a varié de la même manière que la température ambiante, aussi bien pour les betteraves traitées que pour les

[1] Rappelons que la correspondance entre les sigles et les noms de produits a déjà été indiquée page 238.



A



B

FIG. 21. — *Pousses feuillées produites par des betteraves au cours de leur conservation*

A, betteraves traitée par l'hydrazide maléique. B, racine témoin.

On constate que la betterave traitée a produit des pousses feuillées bien plus minces que la racine témoin.

témoins. Dans les deux cas nous n'avons pas noté d'échauffement anormal. D'autre part, les racines n'ont subi aucune attaque de microorganismes, même après 120 jours de conservation ; elles avaient en outre conservé une turgescence normale, sauf celles provenant de Bucy qui devinrent légèrement flasques à la fin de l'essai.

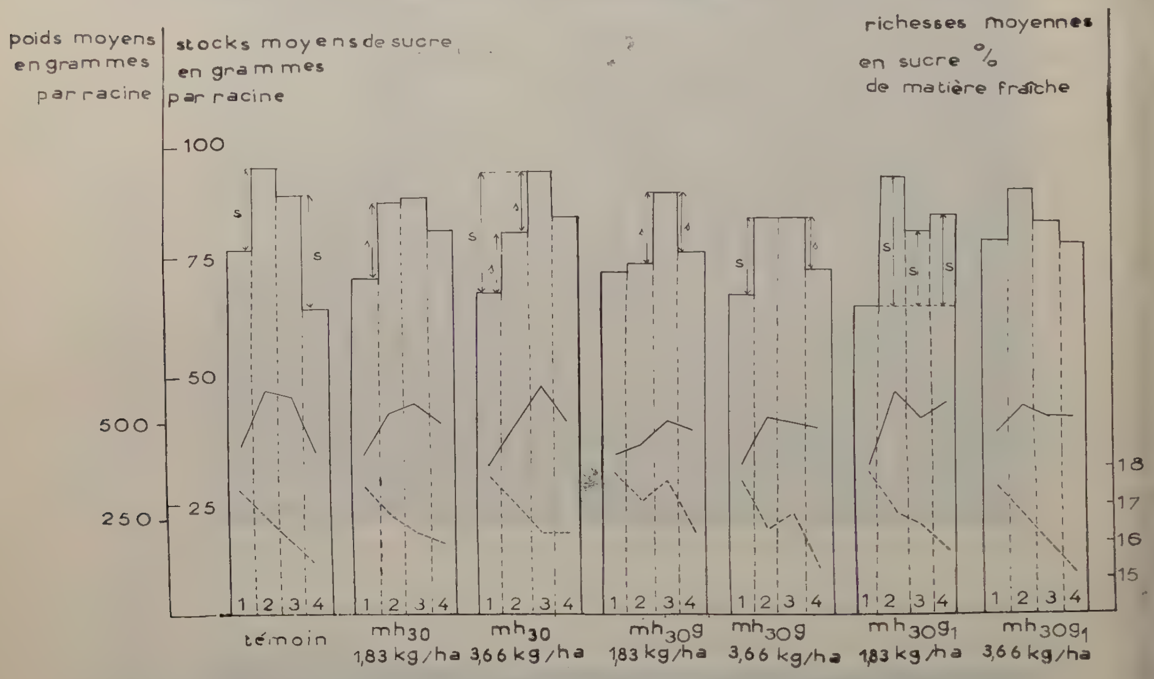


Fig. 22. — *Action de l'hydrazide maléique sur l'évolution de betteraves conservées en fûts*

Les racines n'avaient pas été triées au début de l'expérience mais leurs poids étaient absolument quelconques.
Courbes en traits pleins : évolution des poids moyens.
Courbes en tirets : évolution des richesses moyennes.
Diagrammes : évolution des stocks moyens de sucre par racine
1 : résultats fournis par le prélèvement initial ; 2, 3, 4 : résultats obtenus respectivement au bout de 20 40, et 60 jours de conservation.

MH30, sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique préparé par la Naugatuck Chemical Company ; MH30G, sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique préparé par la société de Saint-Gobain ; MH30GI, mélange de sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique et d'autres produits préparé par la société de Saint-Gobain.

On constate que les richesses ont diminué graduellement au cours de la conservation sauf dans 2 cas. Quant aux poids ils ont varié d'une manière anarchique de même que les stocks. L'augmentation significative des stocks qui a été enregistrée dans 5 cas lors du 2e prélèvement ne doit pas correspondre à un phénomène réel mais résulte probablement d'une erreur d'échantillonnage. Malgré l'imprécision de l'essai, on peut voir que l'hydrazide maléique a réduit ou même supprimé les pertes de sucre.

s) différence significative à la probabilité de 95 p. 100 ;
S) différence significative à la probabilité de 99 p. 100.

Enfin nous avons remarqué que les betteraves traitées produisirent des pousses feuillées moins abondantes que les témoins et beaucoup plus minces (fig. 21).

Évolution du stock de sucre.

Nous examinerons d'abord les résultats obtenus avec les betteraves récoltées à Bucy puis ceux fournis par les racines provenant d'Eppeville.

Essai de Bucy-le-Long.

Les évolutions des poids moyens, des richesses moyennes et des stocks moyens de sucre par racine ont été exprimées sous une forme graphique (fig. 22). L'examen de ce graphique permet de constater que les richesses moyennes

ont diminué au cours de la conservation, qu'il s'agisse des betteraves traitées ou des témoins. On relève toutefois une anomalie : la richesse saccharine des betteraves ayant été traitées par MH30G s'est relevée entre le 20e et le 60e jour de la conservation. L'analyse statistique a établi que cette augmentation était significative à la probabilité de 95 p. 100. A première vue, une constatation de ce genre suggère, soit une dessiccation des racines, soit une erreur systématique. Or, l'examen de la courbe concernant l'évolution du poids des betteraves ayant été traitées par 1,83 kg à l'ha de MH30G ne permet pas de retenir la première explication. Il faut donc admettre qu'au départ, les différents lots représentant chaque échantillon étaient inégaux ; l'échantillonnage fut donc défectueux. On remarquera en outre que dans cinq cas, le stock de sucre par racine paraît avoir augmenté d'une manière significative au cours des 20 premiers jours de conservation.

Ici encore, il doit s'agir d'une erreur systématique. Cette conclusion est vrai-

TABLEAU 10

Essai préliminaire de conservation de betteraves traitées par l'hydrazide maléique

Il s'agit d'un essai de conservation en fûts : les racines provenaient d'un terrain situé dans la région d'Eppeville.

Durée de conservation en jours		Conditions : Nature du produit et dose en kg à l'ha	Témoin	MH30 1,83 kg	MH30 3,66 kg	MH30G 1,83 kg	MH30G 3,66 kg	MH30GI 1,83 kg	MH30GI 3,66 kg
	0	Stock moyen de sucre en g par racine.	74,66	76,83	74,83	73	80,16	84,83	80,50
		Poids moyens de 12 lots de betteraves en g.	421,25	433,33	416,50	410,16	444,83	484,16	454,33
		Richesses moyennes % de matière fraîche.	17,72	17,96	17,97	17,77	18,01	17,51	17,71
	20	Stock moyen de sucre en g par racine.	69,41	74,33	84	81	78,83	86,16	77,83
		Poids moyen de 12 lots de betteraves en g.	408,33	433,66	494,66	474,66	455,50	512,16	467,66
		Richesse moyenne % de matière fraîche.	17,01	17,14	16,97	17,08	17,30	16,81	16,83
	60	Stock moyen de sucre en g par racine.	85,08	74,50	72,33	83,66	83,66	71	83,83
		Poids moyen de 12 lots de betteraves en g.	530,41	451,66	449,16	507,50	518,83	450,83	536,66
		Richesse moyenne % de matière fraîche.	16,11	16,48	16,10	16,49	16,12	15,75	15,53
	122	Stock moyen de sucre en g par racine.	65,25	70,66	69,33	74	63	72	72,16
		Poids moyen de 12 lots de betteraves en g.	440,25	381,33	448,33	480,33	406,33	470,83	485,16
		Richesse moyenne % de matière fraîche.	15,23	15,47	15,48	15,42	15,50	15,28	14,87

semblable car le prélèvement sur le terrain, des racines destinées à être mises en fûts, n'a pas été fait par les mêmes opérateurs que celui des betteraves ayant servi aux déterminations initiales. Les résultats obtenus peuvent s'expliquer en admettant que l'équipe ayant procédé à la mise en fûts avait négligé les plus petites racines, tandis que celle ayant prélevé les betteraves destinées aux déterminations préliminaires n'avait fait aucun choix.

Malgré ses imperfections, cette expérience préliminaire a fourni quelques indications intéressantes. C'est ainsi que l'examen des graphiques concernant les stocks révèle qu'en fin de conservation, les betteraves témoins ont subi une perte de sucre de l'ordre de 17 p. 100 par rapport au début de l'essai, tandis qu'aucune perte n'a été décelée dans le cas des betteraves ayant été traitées par l'hydrazide maléique. Si l'on élimine les données concernant le prélèvement initial qui, nous l'avons vu, sont entachées d'erreurs systématiques, et si l'on considère comme point de départ les résultats fournis par le second prélèvement, on constate qu'en fin de conservation la perte de sucre subie par les racines témoins est de l'ordre de 33 p. 100. Par contre les racines traitées n'ont subi aucune perte significative de sucre sauf dans le cas de celles ayant reçu du MH30G à la dose de 3,66 kg à l'hectare ; cette perte n'est d'ailleurs que de 13,4 p. 100.

Essai d'Eppeville.

Dans cet essai, les richesses saccharines ont diminué d'une manière régulière, que les betteraves aient été traitées ou non (tabl. 10) par de l'hydrazide maléique.

La régularité et l'importance de ces diminutions étaient telles qu'il nous a paru inutile d'entreprendre une analyse statistique des résultats. Par contre, nous avons enregistré des variations anarchiques des poids moyens et par conséquent des stocks. La variabilité des données individuelles fut si importante qu'aucune différence n'a pu être considérée comme significative. Pourtant certaines diminutions de stocks moyens dépassaient 24 p. 100. Ceci souligne, rappelons-le, l'imperfection de la méthode employée dans ces essais préliminaires et c'est pourquoi nous avons entrepris de limiter, par la suite, la variabilité des résultats en travaillant sur des racines dont les poids moyens étaient compris entre des valeurs convenablement choisies.

b) RECHERCHES COMPLÉMENTAIRES.

Deux essais complémentaires furent entrepris dans la région de Bucy-le-Long, le premier en 1953, le second en 1954.

Expériences réalisées en 1953.

Conditions générales.

Ces expériences ont porté sur la variété *de Vaast K*. Nous avons utilisé deux produits d'origine américaine : le sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique (MH30) et le sel de sodium de l'hydrazide maléique (MH40). Nous avons adopté deux doses de chaque produit correspondant respectivement à 1,5 et 3 kg d'hydrazide libre à l'hectare. Le volume de liquide épandu fut de l'ordre de 600 l à l'hectare.

Nous nous sommes efforcés de réduire la variabilité due à l'hétérogénéité du terrain en divisant celui-ci, comme nous l'avons vu (voir pages 238 et 242), en bandes étroites et très allongées dont chacune correspondait à un traitement donné. Et rappelons-le, nous avons en outre réalisé 4 répétitions : les 4 traitements et le témoin étaient donc

représentés au total par 20 parcelles alternant d'une manière régulière. Les épandages furent pratiqués par beau temps les 3 et 4 septembre et aucune pluie ne survint pendant les jours suivants. Les betteraves ont été arrachées 40 jours plus tard. Elles furent nettoyées soigneusement puis pesées une à une et nous avons stocké en fûts celles dont les poids étaient compris entre 500 et 600 g. Ce tri fut réalisé par trois équipes, chacune d'elles préparant trois fûts avec chaque type de betteraves : témoins, betteraves traitées par MH30 ou MH40 aux doses de 1,5 ou 3 kg à l'hectare ; chaque condition était donc représentée par 9 fûts et l'expérience porta sur 45 fûts. Ceux-ci, rappelons-le (voir page 242), furent maintenus dans un local chauffé dont la température varia entre 3 et 20°. Les déterminations de poids, de richesses et de stocks furent faites au bout de 2, 15, 48, 85 et 141 jours de conservation.

Chaque lot d'analyse était constitué par 126 betteraves prélevées au cœur de 3 fûts, à raison de 42 racines par fût en suivant la technique décrite page 230. Chaque fût était utilisé selon les cas pour un ou deux prélèvements successifs. Les 126 racines prélevées pour chaque condition étaient réparties en 21 lots de six sur lesquels on effectuait enfin les diverses déterminations. Chaque résultat représentait la moyenne de 21 valeurs de poids, de richesses ou de stocks moyens.

Résultats.

Évolution de la température et comportement général des racines. — La température des racines a suivi de très près celle du local où les fûts étaient entreposés, ce qui indiquait qu'il n'y avait eu ni attaques de microorganismes ni fermentation. Leur examen a d'ailleurs confirmé cette indication. Celles-ci demeurèrent en effet en bon état pendant plus de trois mois. C'est seulement au moment du dernier prélèvement, c'est-à-dire au bout de 141 jours de conservation que nous avons observé quelques attaques de microorganismes qui furent d'ailleurs plus importantes dans le cas des témoins que dans celui des betteraves traitées.

L'altération des racines a été accompagnée d'une augmentation de la variabilité des résultats au cours de la conservation. C'est ainsi que dans le cas des richesses, les variances ont augmenté considérablement pendant la dernière période de la conservation (fig. 23). Cette augmentation de la variance des richesses fut d'ailleurs bien plus importante dans le cas des témoins que dans celui des betteraves ayant été traitées par de l'hydrazide maléique (MH30 à 3 kg/ha). En revanche, la variance des poids moyens n'a pas augmenté d'une manière importante au cours de la conservation (fig. 23). Quant à la variance des stocks elle a naturellement augmenté de la même manière que celle des richesses et l'on peut constater ici encore (fig. 23) que la variabilité des résultats est plus faible dans le cas des betteraves ayant été traitées par l'hydrazide maléique que dans celui des témoins. Puisque l'augmentation de la variabilité des résultats est en rapport avec l'altération des racines, il est permis d'affirmer que celle-ci a été freinée par l'hydrazide maléique. L'examen des données fournies par les diverses déterminations va d'ailleurs confirmer cette prévision.

Évolution du stock de sucre. — Nous avons exprimé par des graphiques (fig. 24), et un tableau (tabl. 11) l'évolution des poids, des richesses et des stocks moyens de sucre par racine.

Leur examen montre que les poids moyens ont faiblement varié au cours de la conservation. Dans tous les cas on a enregistré une légère augmentation suivie d'une

diminution également peu importante. L'augmentation de poids (tableau 11) était significative dans le cas des témoins et dans celui des betteraves ayant reçu la plus faible dose d'hydrazide maléique (1,5 kg à l'ha) qu'il s'agisse de sel de diéthanolamine (MH30) ou de sel de sodium (MH40).

Il était tentant d'attribuer cette augmentation à une hydratation transitoire des racines enfermées dans les fûts. Dans ce cas on aurait dû observer aussi une diminution de la richesse saccharine. Il en a bien été ainsi (fig. 24), mais cette diminution de richesse n'a pas compensé l'augmentation de poids car dans l'ensemble on a enre-

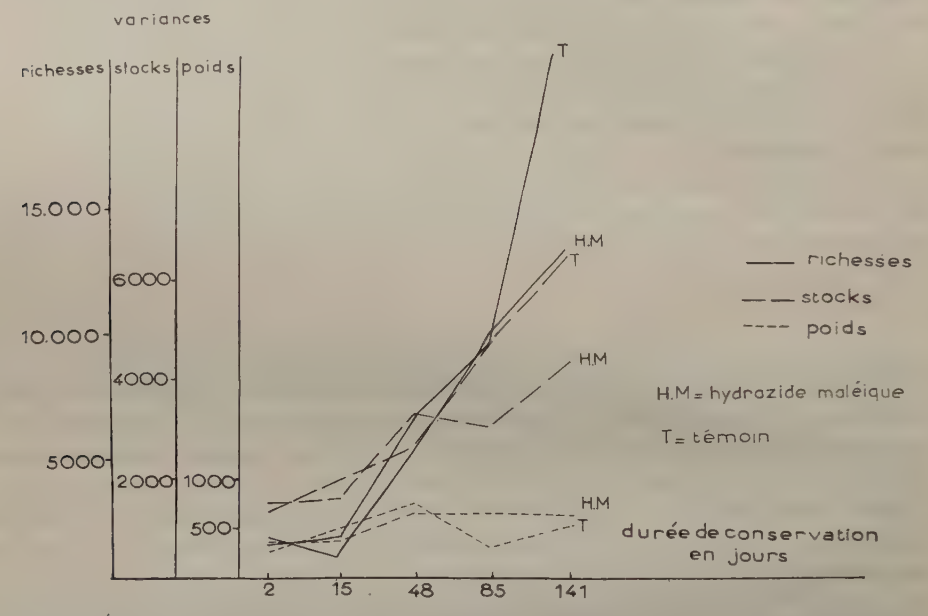


Fig. 23. — *Évolution des variances des données expérimentales recueillies sur des betteraves stockées en fûts*

On constate que la variance des poids ne se modifie pas sensiblement, tandis que celle des richesses et celle des stocks augmentent considérablement à mesure que la durée de conservation se prolonge.

Ces augmentations des variances des richesses et des stocks résultent évidemment de l'altération des racines qui s'opère d'une manière irrégulière.

On remarquera que, dans le cas des betteraves ayant été traitées par l'hydrazide maléique, l'augmentation de la variance des richesses et des stocks est plus faible que dans celui des témoins.

Ceci prouve que l'hydrazide maléique améliore la conservation.

gistré au début de la conservation des augmentations des stocks moyens de sucre par racine ; ces augmentations étaient significatives à la probabilité de 90 p. 100 dans le cas des témoins et à la probabilité de 99 p. 100 dans le cas d'un des traitements réalisés avec l'hydrazide maléique (fig. 24).

Comme nous l'avons déjà dit (voir page 228), il est difficile d'admettre que cette augmentation du stock de sucre corresponde à un phénomène réel et nous avons estimé qu'il avait dû se produire une erreur d'échantillonnage à la suite de laquelle les betteraves destinées aux premières déterminations auraient été en moyenne plus lourdes que les autres. Cette augmentation transitoire résultant probablement d'une erreur systématique commise dans l'évaluation des poids moyens a été suivie d'une diminution qui fut particulièrement importante dans le cas des témoins. A la suite de cette diminution le poids des betteraves traitées devint, dans certains cas, signifi-

catives supérieur à celui des racines témoins, ce qui témoignait d'une déshydratation plus faible. Cette différence de comportement entre les racines traitées et les témoins n'a pas été compensée d'une manière complète par une variation en sens inverse des richesses. Au contraire, les richesses moyennes se sont effondrées plus rapidement dans le cas des témoins que dans celui des betteraves traitées : ceci

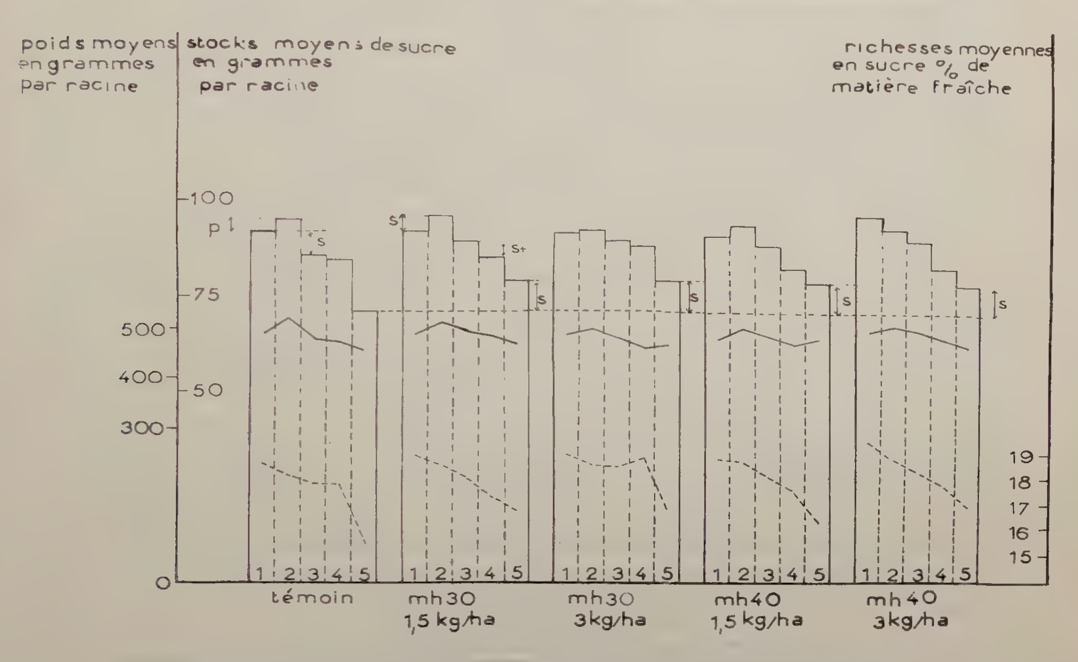


FIG. 24. — *Action de l'hydrazide maléique sur l'évolution de betteraves conservées en fûts*

Les poids des racines conservées en fûts étaient initialement compris entre 500 et 650 g.
Courbes en traits pleins : évolution des poids moyens.
Courbes en tirets : évolution des richesses moyennes.
Diagrammes : évolution des stocks moyens de sucre par racine.
1, 2, 3, 4, 5 correspondent respectivement à des prélèvements réalisés au bout de 2, 15, 48, 85 et 141 jours de conservation.
MH30 : sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique préparé par la Naugatuck chemical Company.
MH40 : sel de sodium de l'hydrazide maléique préparé par la Naugatuck chemical Company.
Grâce à l'emploi de betteraves dont le poids initial variait entre des limites relativement étroites, l'essai fut précis et l'on a enregistré de nombreuses différences significatives dont les principales ont été indiquées sur la figure. L'augmentation de poids constatée entre les deux premiers prélèvements était significative dans le cas du témoin et de la plus faible dose d'hydrazide maléique (MH30 et MH40). Il en fut de même pour l'augmentation des stocks dans le cas du témoin et dans celui de l'un des traitements. Ici encore il est probable qu'une erreur d'échantillonnage a dû se produire.
De nombreuses diminutions de stocks et de poids furent également significatives. On constate enfin que dans l'ensemble l'hydrazide maléique a diminué la perte de sucre.

accentua la différence initiale qui était déjà en faveur de ces dernières ; la diminution des stocks a été de ce fait plus importante dans le cas des témoins que dans celui des betteraves traitées et, au delà de 85 jours de conservation, le stock de sucre de tous les lots traités était significativement supérieur à celui des témoins (fig. 24). Par contre, nous n'avons pas noté de différences notables entre les résultats fournis par les divers traitements.

Remarquons pour finir qu'à l'exception des données recueillies au début de l'expérience et qui semblent entachées d'une erreur systématique, les résultats de

cette expérience furent particulièrement précis. Nous avons en effet pu considérer comme significatives des différences de richesses moyennes de l'ordre de 1,5 à 2 p. 100 et de stocks de l'ordre de 4 à 5 p. 100, du moins, au début de la conservation.

TABLEAU II

Évolution du poids de betteraves traitées par l'hydrazide maléique (conservation en fûts)

Les valeurs contenues dans ce tableau représentent des poids moyens d'une betterave calculés chacun sur 21 lots de 6 racines.

s, S et S+ correspondent respectivement à des différences significatives aux seuils de 95 p. 100, 99 p. 100 et 999 p. 1 000.

Conditions	Durée de conservation en jours				
	2 (C0)	15 (C1)	48 (C2)	85 (C3)	141 (C4)
Témoin	492	521	482	478	459
MH30 1,5 kg/ha	491	516 *s*	497 *s*	493 *s*	*s* 476 S
MH30 3 kg/ha	494	S 504 S	S 488	S+ 471	473 *s*
MH40 1,5 kg/ha	487	505	493	476 S	479
MH40 3 kg/ha	496	504	496	481	464

Cette précision a baissé sensiblement à la fin de l'expérience par suite de l'augmentation de la variance des richesses et des stocks (voir fig. 23).

Expériences réalisées en 1954.

En 1954, nous avons entrepris deux séries d'essais avec des betteraves de la variété *Klein E* provenant de la région de Bucy-le-Long. La première série eut pour objet de comparer la conservation de betteraves de poids divers ayant été traitées par l'hydrazide maléique. Le but de la seconde fut d'étudier certaines préparations d'hydrazide maléique contenant des produits susceptibles d'améliorer leur adhérence par temps pluvieux. Nous examinerons successivement ces deux types d'essais.

c) CONSERVATION DE BETTERAVES DE POIDS DIVERS AYANT ÉTÉ TRAITÉES PAR L'HYDRAZIDE MALÉIQUE.

Conditions générales.

Nous avons utilisé comme produit actif un sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique préparé par la compagnie de Saint-Gobain (MH30G). La dose appliquée fut de l'ordre de 3 kg à l'ha et la quantité de liquide épandu de l'ordre de 1 000 l à l'ha. Le champ d'essai était divisé en une série de parcelles très allongées ayant une largeur de 6 rangs. Dix parcelles reçurent de l'hydrazide maléique et nous avons réservé un nombre égal de bandes témoins alternant régulièrement avec les bandes traitées. L'application de l'hydrazide maléique fut faite le 2 octobre dans de bonnes conditions et aucune pluie ne survint au cours des 48 heures ayant suivi le traitement. Les betteraves furent arrachées 30 jours plus tard, c'est-à-dire le 1er novembre.

Nous avons mis en fûts trois séries de racines traitées et trois séries de racines témoins pesant respectivement 200 à 300 g, 500 à 650 g et enfin 850 à 1 000 g. Chaque

lot fut homogénéisé et réparti racine par racine entre 4 fûts ; deux de ces fûts furent utilisés pour les déterminations préliminaires et les deux autres ont été conservés pendant 70 jours dans un local chauffé dont la température oscillait entre 12 et 20°. Nous n'avons donc pas suivi l'évolution des racines mais simplement comparé leurs stocks de sucre au moment de la mise en fûts et après 70 jours de conservation. Ces déterminations furent faites sur des échantillons de 84 racines réparties en 14 lots de 6.

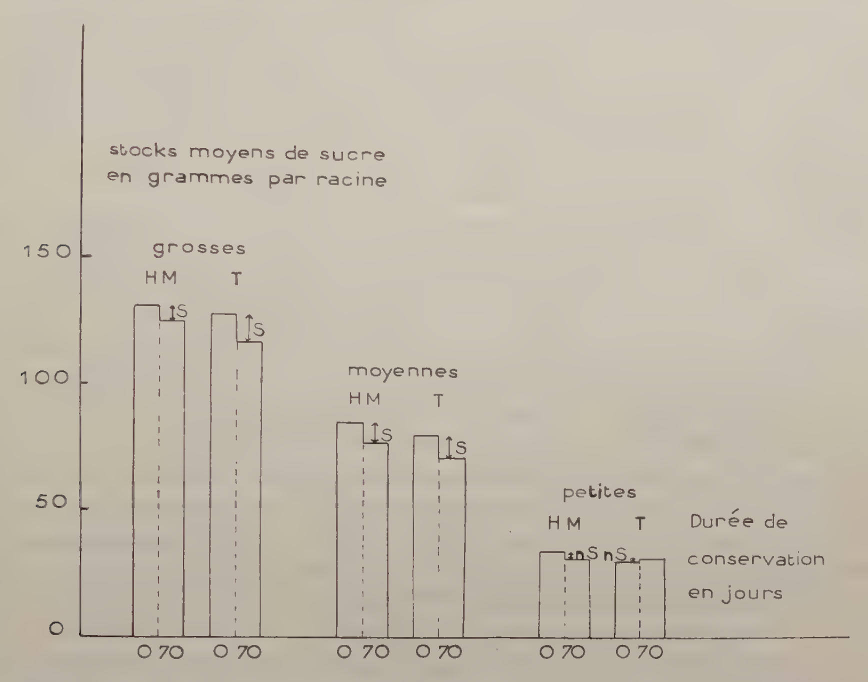


FIG. 25. *Action de l'hydrazide maléique sur la conservation (en fûts) de betteraves de tailles diverses*

On constate que l'hydrazide maléique a réduit les pertes de sucre dans le cas des grosses racines mais d'une manière peu efficace.

Résultats.

Les résultats de cette expérience furent un peu incohérents. Au départ, les racines traitées étaient plus riches que les témoins, ce qui a d'ailleurs été observé dans la plupart de nos essais [1]. Mais leur comportement au cours de la conservation a été irrégulier. L'hydrazide maléique semble avoir favorisé la conservation des racines pesant de 500 à 650 g et de 850 à 1 000 g. Mais les petites racines ont réagi d'une manière inverse (fig. 25).

Remarquons d'ailleurs qu'il convient d'être circonspect, car si les pertes enregistrées étaient significatives, les différences de pertes entre les betteraves traitées et les témoins ne l'étaient pas, du moins dans le cas des moyennes et des grosses racines.

(1) Nous avons étudié l'action de l'hydrazide maléique sur le rendement de la betterave sucrière. Les résultats de cette étude feront l'objet d'un mémoire ultérieur.

d) ÉTUDES DE PRÉPARATIONS D'HYDRAZIDE MALÉIQUE SUSCEPTIBLES D'ÊTRES EFFICACES PAR TEMPS PLUVIEUX

Conditions générales des essais.

On admet (SMITH, 1955) que la pénétration de l'hydrazide maléique appliqué sur des feuilles de betteraves n'est complète qu'au bout de 48 heures environ. Une pluie survenant avant la fin de ce délai risque donc de réduire l'efficacité des traitements ; afin de pallier cet inconvénient on a proposé d'associer l'hydrazide maléique à des substances susceptibles d'augmenter son adhésivité, comme le saccharose et le silicate de sodium par exemple. Il nous a paru intéressant d'entreprendre quelques expériences avec des produits de ce type.

Nous avons utilisé du sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique additionné d'environ 20 p. 100 de saccharose et de 30 p. 100 de silicate de sodium (MH30GS) et du sel de sodium additionné des mêmes adjuvants aux mêmes doses (MH40GS). Ces deux produits ont été préparés par la Compagnie de Saint-Gobain. Nous avons adopté une seule dose correspondant à 3 kg d'hydrazide libre à l'ha. La quantité de liquide épandu fut de l'ordre de 1 000 litres à l'hectare. L'essai portait sur deux parcelles allongées, larges de 6 rangs, situées dans le prolongement l'une de l'autre. Ces parcelles faisaient partie du champ d'essai destiné à l'étude comparative du comportement de betteraves de poids divers (voir page 268). Les traitements ont été pratiqués le 2 octobre 1954 dans de bonnes conditions et aucune pluie ne survint au cours des 48 heures suivantes. Nous avons adopté comme témoins des betteraves n'ayant subi aucun traitement et d'autres qui reçurent le 22 septembre une application de MH30 (3 kg/ha.) puis subirent une légère pluie dans la journée suivante. L'arrachage fut effectué le 1er novembre pour toutes les conditions.

Nous avons mis en fûts quatre lots de racines (MH30GS, MH40GS, MH30 lavées, non traitées) dont les poids étaient compris entre 500 et 650 g. Chaque lot fut homogénéisé et réparti racine par racine entre 6 fûts. Trois furent utilisés pour les déterminations préalables et les trois autres ont été conservés pendant 68 jours dans un local chauffé dont la température variait entre 12 et 20°. Chacune des deux déterminations fut faite sur des échantillons de 126 racines réparties en 21 lots de 6.

Résultats.

Les résultats des déterminations de poids, de richesses et de stocks moyens de sucre par racine ont été groupés sous la forme d'un tableau (tableau 12) qui permet de comparer commodément les effets des divers traitements sur la conservation des racines.

En examinant ce tableau, on peut voir que les données sont plutôt incohérentes. C'est ainsi que la perte de sucre la plus forte (8,53 p. 100) a été enregistrée dans le cas du sel de diéthanolamine additionné de produits adhésifs (MH30GS), tandis que la plus faible a été fournie par le sel de diéthanolamine ordinaire (2,86 p. 100) bien que le traitement ait été suivi d'une chute de pluie. Ces irrégularités nous ont évidemment conduits à être très réservés quant au principe même de l'efficacité de l'hydrazide maléique.

TABLEAU 12

Action de quelques préparations d'hydrazide maléique sur la conservation des betteraves

		Catégories de racines			
		Témoin	MH30 lavé	MH30GS	MH40GS
Poids moyens en grammes	En début d'essais.	475,68	450,89	492,13	490,33
	Après 68 jours.	451,59	450,2	477,41	478,33
	Différence % du poids initial.	— 5,06 %	— 0,15 %	— 2,99 %	— 2,44 %
Richesses moyennes en grammes p. 100 de matière fraîche	En début d'essais.	16,78	16,93	16,80	16,93
	Après 68 jours.	16,38	16,22	15,87	16,54
	Différence % de la richesse initiale.	— 2,35 %	— 4,05 %	— 5,47 %	— 2,29 %
Stocks moyens de sucre en gramme par racine	En début d'essais.	79,78	76,20	82,92	83,06
	Après 68 jours.	73,90	74,02	75,84	79,11
	Différence % du stock initial.	— 7,35 %	— 2,86 %	— 8,53 %	— 4,75 %

2) Essais réalisés en silos

Ces expériences ont porté sur de petits silos en employant constamment la « méthode des filets ».

CONDITIONS GÉNÉRALES

Nous avons entrepris trois expériences distinctes de 1954 à 1956. Les conditions générales furent les mêmes dans tous les cas mais, la nature des produits employés, les variétés de betteraves et la fréquence des prélèvements ont différé d'un essai à l'autre. L'examen du tableau 13 permet d'avoir une idée d'ensemble de la conduite de ces essais.

En 1954, nous nous sommes contentés d'employer le sel de diéthanolamine préparé par la société Naugatuck Chemical. En 1956 nous avons utilisé, non seulement cette forme d'hydrazide, mais aussi du sel de sodium et, d'autre part, pour chaque substance, nous avons eu recours à deux préparations produites l'une par la société Naugatuck Chemical, l'autre par la Compagnie de Saint-Gobain.

Les résultats n'ayant pas été satisfaisants, nous avons entrepris l'années suivante une dernière tentative avec deux hydrazides particulièrement actifs, les hydrazides butyrylmaléique (MHB) et dichloracétylmaléique (MHD). Les traitements furent réalisés de la mi-septembre à la mi-octobre et la mise en silos un à deux mois plus tard. Dans tous les cas, nous sommes parvenus à pratiquer les épandages dans de bonnes conditions, c'est-à-dire par temps sec. Nous n'avons pas essayé de suivre de très près l'évolution des stocks de sucre mais nous avons procédé à un petit nombre de déterminations (2 à 4) échelonnées sur un intervalle de temps allant de 39 à 60 jours.

TABLEAU 13

Conditions générales des essais de conservation en petits silos, de betteraves traitées par l'hydrazide maléique.

Année de l'essai et variété de betteraves	Produit employé et dose en kg à l'ha	Date de traitement	Date d'analyse	Quantité de terre %	Durée de conservation au moment des prélèvements (en jours)	Poids initiaux des racines	Richesse moyenne initiale	Nombre de racines utilisées à chaque prélèvement
1954 *Klein E*	Témoin MH30G 3,5 kg MH30G 5,5 kg	2 octobre	1er novembre	46	0, 19, 33, 45	550 à 700 g	16,58 16,95 17,85	21 lots de 6 racines
1955 *De Vaast K.*	Témoin MH30 1,5 kg MH30 3,5 kg	17 septembre	18 octobre	20	0, 22, 55	500 à 650 g	Témoin : 18,12 MH30 1,5 kg : 19,33 MH40 1,5 kg : 19,22	21 lots de 6 racines
			15 novembre	20	0 et 61	550 à 700 g	Témoin : 17,97 MH 30 1,5 kg : 18,71 MH 30 3,5 kg : 18,31	
	MH40 1,5 kg MH40 3,5 kg MH30G 1,5 kg MH30G 3,5 kg MH40G 1,5 kg MH40G 3,5 kg	17 septembre	18 octobre	20	0, 22, 55 0, 22, 55 0 et 55 0 et 55 0 et 55 0 et 55	500 à 650 g	19,15 18,47 18,65 18,90 19,30 18,97	21 lots de 6 racines
1956 *Cérès*	Témoin MHB 1,5 kg MHB 4 kg MHD 1,5 kg MHD 4 kg	12 octobre	12 novembre	42	0 et 39	500 à 650 g	17,21 17,20 17,42 17,15 17,33	21 lots de 5 racines

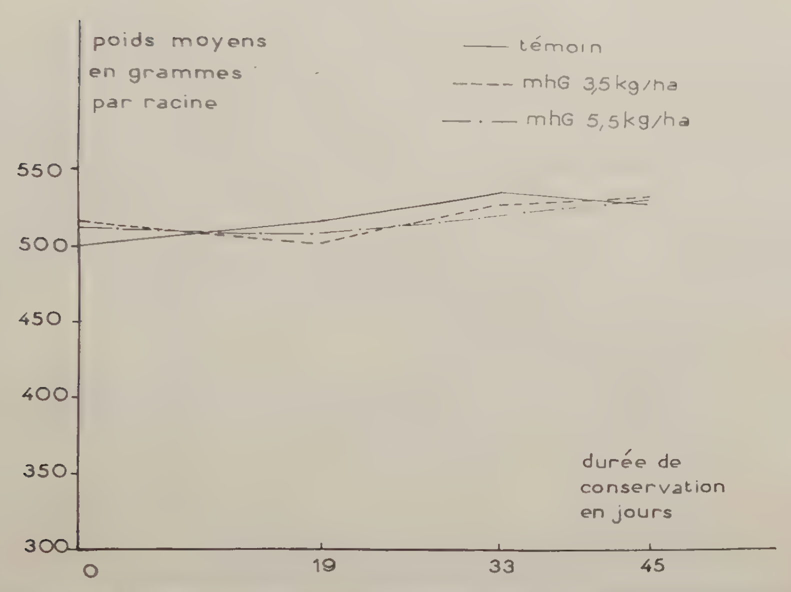


FIG. 26. — *Action de l'hydrazide maléique (sel de diéthanolamine préparé par la Compagnie de Saint-Gobain) sur l'évolution du poids de racines conservées en petits silos (méthode des filets)*

On constate que le traitement n'a pas modifié l'évolution des poids au cours de la conservation.

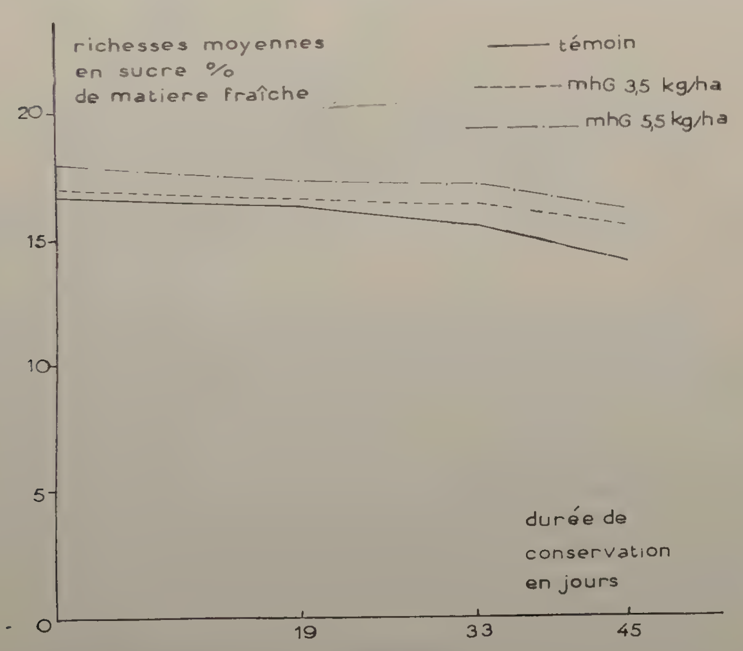


FIG. 27. — *Action de l'hydrazide maléique (sel de diéthanolamine préparé par la Compagnie de Saint-Gobain) sur l'évolution des richesses en sucre de racines conservées en petits silos (méthode des filets)*

Les richesses diminuent graduellement et l'on constate à la fin de la période de conservation, que cette diminution est plus rapide dans le cas des témoins que dans le cas des betteraves traitées.

RÉSULTATS

Essais de 1954.

L'examen des figures 26 à 28 qui résument les résultats des essais réalisés en 1954 permet de formuler diverses remarques. On constate tout d'abord que l'évolution des poids moyens est un peu irrégulière (fig. 26) mais que, dans l'ensemble ils ont légèrement augmenté au cours de la conservation ce qui témoigne d'une hydratation des racines.

Par contre, les richesses ont diminué régulièrement et d'une manière très appréciable pendant toute la durée de l'expérience. La vitesse moyenne de cette diminu-

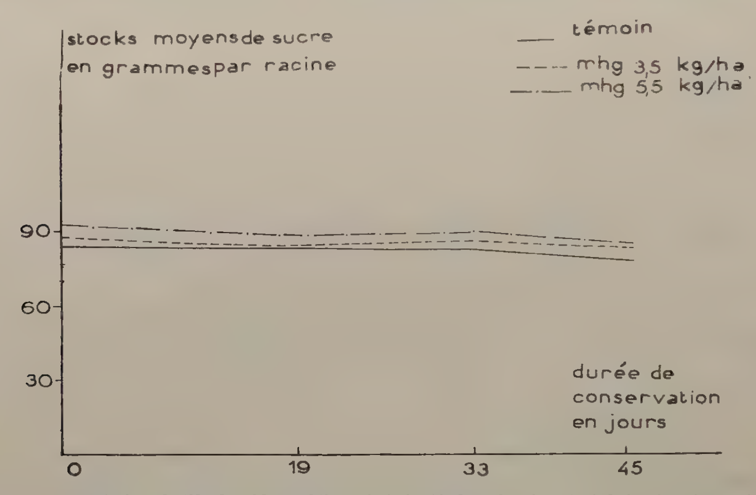


FIG. 28. — *Action de l'hydrazide maléique (sel de diéthanolamine de fabrication française) sur l'évolution du stock de sucre de betteraves conservées en petit silo (méthode des filets)*

La perte de sucre, particulièrement en fin de conservation, est plus importante dans le cas des témoins que dans le cas des racines traitées. L'essai fut très précis et toutes les diminutions exprimées par le graphique étaient significatives.

tion (fig. 27) a été sensiblement la même dans tous les cas. Toutefois, pendant les 19 premiers jours la baisse de richesse a été moins forte dans le cas des témoins que dans celui des betteraves traitées. Cette indication est confirmée par la fig. 28 qui concerne l'évolution des stocks. En l'examinant, on peut voir en effet que le stock de sucre des racines témoins n'a pas subi de pertes significatives pendant les 19 premiers jours de l'essai tandis que celui des betteraves traitées a diminué d'une manière significative de 4,3 p. 100 pour la dose de 3,5 kg /ha. de MH30G et de 4,7 p. 100 pour la dose de 5,5 kg /ha de MH30G. Par la suite, la perte de sucre s'est accentuée plus rapidement dans le cas des témoins que dans celui des betteraves traitées si bien que le décalage primitif a été rétabli.

Essai de 1955.

Les résultats du premier essai réalisé sur un silo n'ont donc pas été vraiment fructueux ; nous avons pensé que les doses d'hydrazide maléique avaient été trop

fortes et nous avons donc répété cet essai en adoptant pour l'une des doses une valeur plus faible (voir tableau 13). De plus nous avons employé, non seulement le sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique, mais aussi celui de sodium (voir tableau 13). Les résultats de cette expérience ont été réunis sous la forme de deux graphiques concernant respectivement les betteraves arrachées un et deux mois après les traitements.

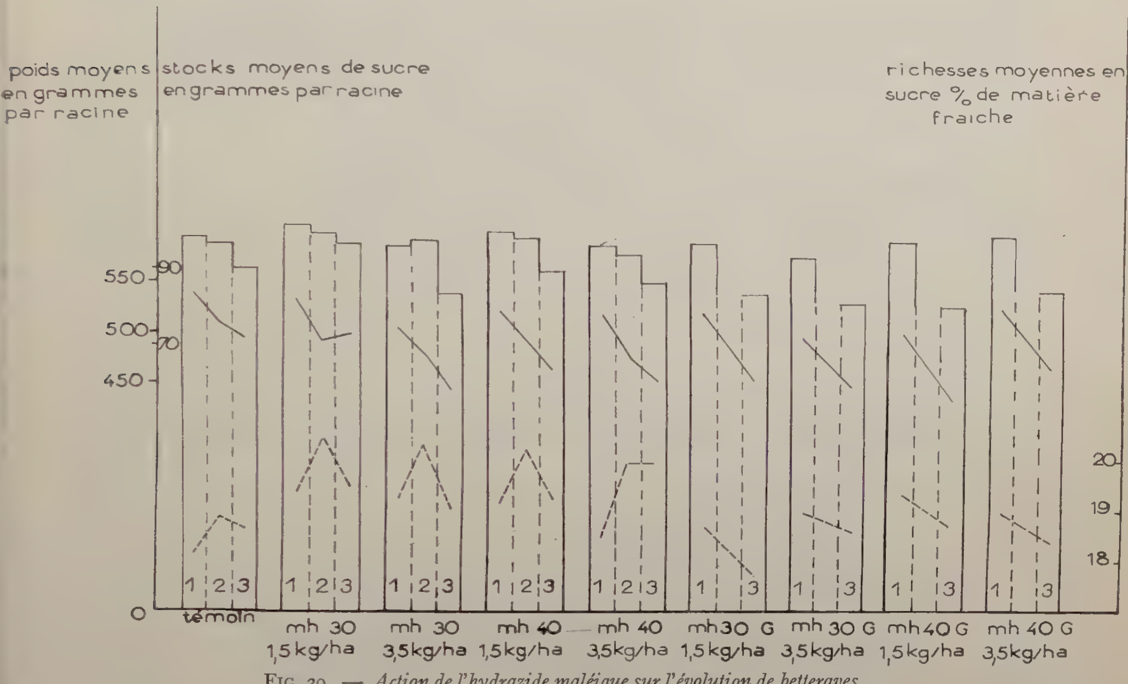


FIG. 29. — *Action de l'hydrazide maléique sur l'évolution de betteraves conservées en petits silos (méthode des filets)*

Courbes en traits pleins : évolution des poids moyens.
Courbes en tirets : évolution des richesses moyennes.
Diagrammes : évolution des stocks moyens de sucre par racine.
1. résultats fournis par le prélèvement initial.
2, 3 : résultats obtenus respectivement au bout de 22 et 55 jours de conservation.
MH30 : sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique préparé par la Naugatuk chemical Company.
MH40 : sel de sodium de l'hydrazide maléique préparé par la Naugatuck chemical Company.
MH30G : sel de diéthanolamine de l'hydrazide maléique préparé par la Compagnie de Saint-Gobain.
MH40G : sel de sodium de l'hydrazide maléique préparé par la Compagnie de Saint-Gobain.
Les diminutions de stocks enregistrées après 22 jours de conservation n'étaient significatives dans aucun cas. Par contre, après ; jours de stockage toutes les pertes étaient significatives. On peut voir que l'hydrazide maléique, contrairement aux prévisions, a rovoqué une aggravation des pertes en sucre.

Dans le cas des arrachages précoces (fig. 29) on constate qu'au moment de la récolte les betteraves traitées étaient plus riches en sucre que les témoins. Mais au cours de la conservation leur richesse a diminué davantage et, comme la diminution de leur poids fut du même ordre, leur stock de sucre a subi par conséquent une perte plus importante. Nous avons même constaté dans certains cas (MH40 à 3,5 kg / ha ; MH30G et MH40G) qu'à la fin de la conservation le stock de sucre des betteraves traitées était devenu inférieur à celui des témoins.

Un phénomène identique s'est manifesté dans le cas des betteraves ayant été arrachées tardivement c'est-à-dire deux mois après les traitements.

L'examen de la fig. 30 qui résume les résultats obtenus, montre qu'à l'issue de 61 jours de conservation les richesses et les stocks de sucre par racine se sont effondrés d'une manière bien plus appréciable dans le cas des betteraves traitées que dans celui des témoins. Cet effondrement fut tel que la prépondérance initiale des racines traitées a été complètement annulée (fig. 30).

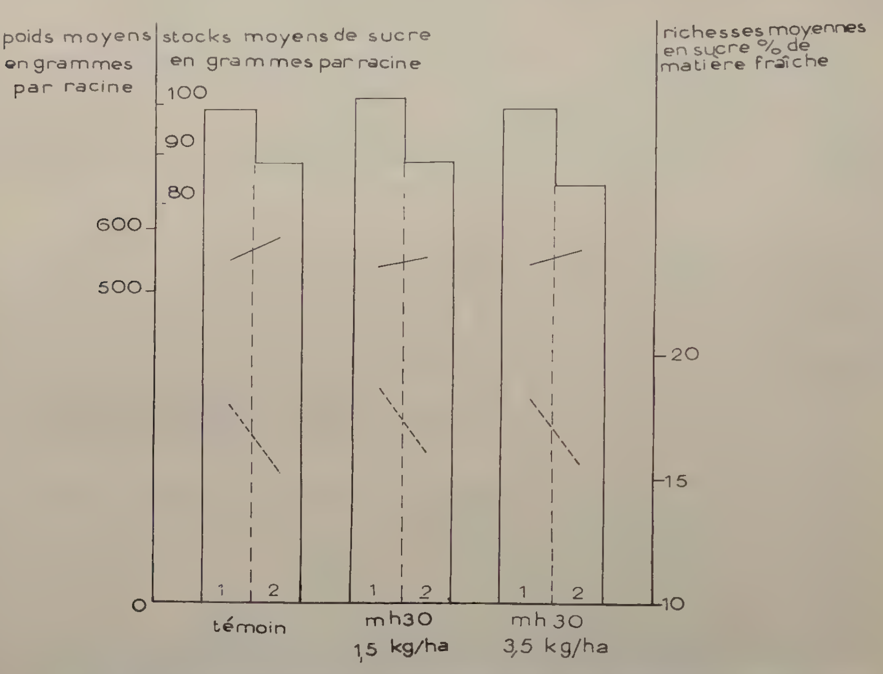


FIG. 30. — *Action de l'hydrazide maléique (sel de diéthanolamine préparé par la Naugatuck chemical Company) sur l'évolution de betteraves conservées en petits silos (méthode des filets)*

Courbes en traits pleins : évolution des poids moyens.
Courbes en tirets : évolution des richesses moyennes.
Diagrammes : évolution des stocks moyens de sucre par racine.
1 : résultats fournis par le prélèvement initial.
2 : résultats obtenus au bout de 61 jours de stockage.
Toutes les diminutions de stocks étaient significatives. On constate que les pertes furent plus importantes dans le cas des betteraves traitées par l'hydrazide maléique que dans celui des témoins.

Essai de 1956.

Les résultats obtenus au cours des années précédentes avaient été décourageants, aussi avons-nous décidé d'abandonner l'emploi des sels de diéthanolamine et de sodium de l'hydrazide maléique. Nous avons alors essayé d'utiliser deux autres dérivés, les hydrazides butyrylmaléique et dichloracétylmaléique, qui, au cours d'essais préliminaires (LONGCHAMP, GAUTHERET et RICHEZ, 1956), avaient manifesté une activité saccharogène très supérieure à celle de l'hydrazide maléique.

Les conditions générales de cet essai ont déjà été précisées (voir tableau 13). Rappelons simplement que les traitements furent réalisés dans de bonnes conditions. Les résultats ont été assez satisfaisants, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en examinant le tableau 14. On voit en effet qu'au bout de 39 jours de conservation les

betteraves traitées ont toutes perdu beaucoup moins de sucre que les témoins. L'efficacité des deux hydrazides est encore mieux mise en lumière si l'on calcule la réduction des pertes par rapport aux témoins. Cette réduction est de l'ordre du tiers dans le cas de l'hydrazide butyrylmaléique et de près de moitié pour l'hydrazide dichloracétylmaléique.

TABLEAU 14

Action des hydrazides butyrylmaléique (MHB) et dichloracétylmaléique (MHD) sur la conservation des betteraves à sucre. Toutes les pertes sont hautement significatives

Produits et doses en kg à l'ha	Déterminations réalisées						Perte en % du sucre initial	Réduction de perte par rapport au témoin
	Au moment de l'arrachage			Après 39 jours de conservation				
	Poids moyens des racines en g	Richesses moyennes en g p. 100 de matière fraîche	Stock moyen de sucre en g par racine	Poids moyens des racines en g	Richesses moyennes en g p. 100 de matière fraîche	Stock moyen de sucre en g par racine		
Témoin	535,19	17,21	92,11	508,57	16,9	82,28	10,71	—
MHB 1.5 kg	538,47	17,20	92,61	509	16,82	85,58	7,59	29 %
MHB 4 kg	504,14	17,42	87,85	477,76	17	81,54	6,97	34,5 %
MHD 1,5 kg	515,33	17,15	88,34	481,76	16,69	80,43	8,95	16,8 %
MHD 4 kg	514,90	17,33	89,28	501,23	16,78	84,11	5,79	45,8 %

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET CONCLUSIONS

Les recherches que nous avons entreprises sur la conservation des betteraves à sucre se sont étendues sur une période de six années. Nos essais préliminaires furent réalisés avec une méthode qui consistait à évaluer le stock de sucre d'échantillons de 126 racines réparties en 21 lots d'analyse. Cette méthode a fourni des résultats satisfaisants en ce qui concerne les richesses, puisqu'à la probabilité de 95 p. 100, celles-ci étaient obtenues avec une approximation de 0,25 : l'erreur avait donc plus de 95 chances sur 100 d'être inférieure à 2 p. 100. Par contre pour les poids et les stocks, l'erreur n'avait pas 95 chances sur 100 d'être inférieure à 8 p. 100.

Ainsi s'explique l'incohérence de nos premiers résultats, incohérence à laquelle nous avons tenté de remédier en entreprenant une étude biométrique approfondie. Celle-ci nous a révélé que la distribution des poids des betteraves n'est pas gaussienne (voir fig. 2, p. 226) ; mais par contre, les poids moyens d'échantillons de 6 racines prélevées au hasard sont distribués normalement. Pour un essai réalisé sur 600 betteraves (100 lots de 6), la plus petite différence moyenne significative entre les poids moyens était de 54,9 g ($P = 0{,}95$) pour des racines d'un poids moyen de l'ordre de 600 g. Par conséquent en effectuant des déterminations sur des échantillons de betteraves prélevés à deux époques différentes dans un silo, la perte enregistrée, qu'il s'agisse du poids ou du stock de sucre, ne pouvait être retenue que si elle était supérieure à 10 p. 100. Il aurait fallu opérer sur des échantillons de 1 200 betteraves

pour que la p. p. d. m. s. fût réduite à une valeur de l'ordre de 4 p. 100. La recherche d'une précision convenable aurait donc exigé un travail excessif.

A notre connaissance, cette étude biométrique de la betterave à sucre n'a jamais été entreprise. Mais nos devanciers n'en n'avaient pas moins perçu qu'il était difficile d'obtenir des résultats valables même lorsqu'ils ne disposaient pas encore des méthodes statistiques permettant d'évaluer la précision des données expérimentales. Et pourtant les chercheurs qui, au siècle dernier, ont étudié les pertes en sucre subies par les betteraves au cours de leur conservation mirent en évidence des faits importants. Il nous suffira de rappeler les anciennes et remarquables études de MAREK (1888), CLAASSEN (1890), STROHMER (1902), STOKLASA, FELINEK et PITECK (1903), etc., études dont l'importance semble avoir été négligée par les chercheurs américains qui, 40 à 50 ans plus tard, se penchèrent à leur tour sur le problème de la conservation des betteraves à sucre. Au début de leurs travaux, les spécialistes américains, par exemple PACK (1924), BACHLER (1938), GASKILL et BREWBAKER (1939), BARR, MERVINE et BICE (1940), SMITH (1940), adoptèrent des procédés d'échantillonnage peu satisfaisants qui ne pouvaient leur permettre d'obtenir des résultats précis, et l'on peut penser que c'est pour cette raison que plusieurs chercheurs comme TOMPKINS et NUCKOLS (1928-1930), LARMER (1937), GASKILL et ses collaborateurs (1950-1954), s'orientèrent vers des travaux d'ordre pathologique, susceptibles de conduire sans trop de difficulté à des résultats valables.

Mentionnons cependant qu'en 1939, GASKILL et BREWBAKER ayant étudié les pertes en sucre de betteraves conservées dans diverses conditions indiquèrent, pour la première fois, que des échantillons, relativement importants (130 racines) ne suffisaient pourtant pas à fournir des résultats valables. C'est seulement en 1946, que FORT et STOUT entreprirent un effort méthodique vraiment fructueux en imaginant la méthode des triplets. Cette méthode qui fut utilisée à l'occasion d'essais de ventilation consiste, rappelons-le (1), à préparer 3 lots de racines aussi identiques que possibles, dont l'un sert aux déterminations préalables, tandis que les deux autres sont respectivement enfermés dans des silos ventilés ou non. Cette méthode a été largement employée par les chercheurs américains, le nombre des lots pouvant dans certains cas, être réduit à deux (DOWNIE, 1948-1950). Les chercheurs soviétiques OKANENKO, MOURAVIEW, et SCHWETSCHENKO (1957) généralisèrent au contraire la méthode des triplets en préparant des échantillons dans lesquels étaient réunies des betteraves de diverses tailles dans la proportion même où elles se trouvaient dans la population globale.

En France, on utilisa arbitrairement des échantillons de 120 racines (Bulletin technique du Syndicat national des Fabricants de Sucre, 1948) et les résultats obtenus furent incohérents quant aux variations des poids et des stocks si bien que, par la suite, les chercheurs se bornèrent à effectuer des déterminations de richesses, qui, cela est évident, ne permettent absolument pas d'évaluer les pertes en sucre. Certains chercheurs allemands notamment FELTZ (1953) se contentèrent également d'apprécier les diminutions de richesses, tandis que d'autres (BRONNER 1955, WENZL et KREXNER 1957) évaluèrent les variations du stock de sucre en travaillant sur des échantillons de 40 ou 80 kg de racines prélevées au hasard.

Nos recherches préliminaires ayant mis en évidence l'importance considérable de l'échantillonnage et notre travail biométrique ayant permis d'évaluer d'une

(1) Cf. *Ann. Physiol. végét.*, 1961, **3** (3), p. 176.

manière théorique de quelle façon le degré de précision escompté devait varier en fonction de l'importance des échantillons, nous avons essayé d'obtenir une précision convenable en évitant cependant d'utiliser des échantillons très importants.

Nous y sommes parvenus en ne retenant, pour les essais, que des racines dont le poids était compris entre des limites relativement étroites encadrant la moyenne, par exemple 500 à 650 g, 550 à 700 g, etc.

Des lots de racines ainsi triées étaient enfermés dans des fûts (mise au point de la méthode) ou dans des filets en nylon (essais réels) qu'on plaçait en divers points des silos. Chaque échantillon était constitué par 105 à 126 betteraves qui, au moment des analyses, étaient réparties au hasard en 21 lots de 5 ou 6 racines. Une étude statistique réalisée à l'occasion d'un essai préliminaire, établit que, pour 21 échantillons de 6 racines, l'écart type était de 18,3 g contre 138 g pour les poids moyens d'échantillons de 6 tirés de l'ensemble de la population. La p. p. d. m. s. était ainsi abaissée à 1,27 p. 100 au lieu de 10 p. 100.

Cette méthode devait donc donner toute satisfaction. Mais en raison même de sa précision, elle exigea de prendre des précautions particulières. C'est ainsi qu'en préparant un grand nombre de lots correspondant à de multiples reprises, nous avons parfois constaté que des différences significatives existaient au départ entre certains d'entre eux. Et ceci nous a obligés à réunir l'ensemble des racines triées et à les répartir au hasard entre les différents échantillons.

Nous avons en outre constaté que le décolletage pouvait introduire des erreurs systématiques qui ont pu être évitées en confiant celui-ci à un seul opérateur, pendant toute la durée d'une expérience.

Cette méthode nous a donné toute satisfaction, mais naturellement son champ d'application est limité. Signalons par exemple que le choix préalable qu'elle exige, ne permet pas de s'en servir pour des essais de rendement : dans ce cas, il faut évidemment opérer sur des échantillons représentatifs de l'ensemble de la population. Il s'agit là d'un problème que notre étude biométrique a permis de résoudre et que nous considérerons d'ailleurs dans une publication ultérieure.

D'autre part, la pesée des racines ne peut être faite qu'après un nettoyage assez soigné de celles-ci. On ne peut donc étudier l'influence qu'exerce la terre adhérant aux racines sur leur conservation. Il est alors préférable de prélever les échantillons dans des « silos homogènes » établis d'une manière particulière (voir fig. 6 p. 235), mais on perd le bénéfice du tri préalable et nous avons alors constaté que, dans ces conditions, il était nécessaire de travailler sur des échantillons d'environ 2 000 betteraves, pour qu'il y ait 95 p. 100 de chances sur 100 pour que l'erreur faite autour de la moyenne ne dépasse pas 3 à 4 p. 100. Ceci exige un travail considérable auquel nous avons dû renoncer.

***

Après avoir rappelé quelles sont les principales méthodes d'échantillonnage utilisées pour les essais de conservation et comparé leurs limites et leurs avantages respectifs, nous allons indiquer les lignes essentielles des résultats obtenus en comparant les nôtres avec ceux de nos devanciers.

Nous examinerons d'abord les données recueillies avec des racines ordinaires puis celles fournies par des betteraves ayant été traitées par de l'hydrazide maléique.

Le problème de la conservation des betteraves présente des aspects multiples

dont certains furent éclaircis il y a fort longtemps. On sait par exemple depuis les anciennes expériences de MAREK (1888), de STROHMER (1902), etc., que les pertes en sucre subies par les Betteraves au cours de leur conservation sont influencées d'une manière considérable par la température. Des chercheurs américains ont d'autre part établi que la dessiccation (PACK, 1924 et 1926, LARMER, 1937, GASKILL, 1950) et les blessures, notamment un décolletage trop large, (BACHLER, 1938, TOMPKINS et NUCKOLS, 1930) favorisent les attaques de microorganismes et nuisent par conséquent à la conservation des racines en silos. La température influence naturellement l'invasion des tissus par les parasites. La connaissance de ces faits permit de formuler les conditions d'une conservation correcte et suggéra de refroidir les silos en procédant à leur ventilation ce qui, expérimentalement, fournit, nous l'avons vu, d'excellents résultats

En général, les betteraves à sucre sont conservées sans précautions. On évite difficilement les blessures et les détritus de toutes sortes qui peuvent les souiller ; les silos sont d'abord établis en tenant compte des servitudes des services betteraviers et l'on est amené à négliger les réalités biologiques de la conservation. Pourtant les résultats obtenus sont généralement satisfaisants car les arrachages sont le plus souvent réalisés en période froide et, d'autre part, les racines sont souillées d'une grande quantité de terre, qui évite la dessiccation et maintient le silo en état d'anaérobiose ce qui, comme STROHMER l'a montré il y a fort longtemps (1902), constitue une condition favorable à la conservation.

On constate cependant que les grands silos, particulièrement ceux établis sur caniveaux, ou en tranchées s'échauffent considérablement, ce qui se traduit par des pertes importantes.

Quoi qu'il en soit, il était intéressant de savoir quelle pouvait être l'évolution du stock de sucre des betteraves ensilées. Fait curieux : cette évolution n'a pas été vraiment étudiée car les nombreux chercheurs qui ont évalué les pertes en sucre subies par les betteraves ensilées se sont contentés d'effectuer deux déterminations : l'une au moment de l'établissement du silo et l'autre au moment de sa reprise. Et à partir de ces deux données la plupart des expérimentateurs, particulièrement les Américains et les Russes ont calculé les pertes journalières en divisant la valeur des pertes enregistrées en fin d'essai, par la durée de l'essai en jours.

Il nous a paru abusif de postuler ainsi d'une manière implicite que la perte de sucre était une fonction linéaire du temps, ce qui supposait, notons-le, une constance de la température et des attaques de microorganismes. Nous verrons plus loin (p. 282) qu'en fait ce postulat n'est pas exact. D'autre part il nous a semblé que, du point de vue pratique, l'essentiel serait de savoir à partir de quel moment un silo a perdu du sucre.

Grâce à la méthode d'échantillonnage que nous avons mise au point, nous avons pu suivre l'évolution des silos en procédant à des déterminations à intervalles très rapprochés, 2 ou 3 jours par exemple. Or, si l'on jette un coup d'œil d'ensemble sur les résultats des essais réalisés avec cette méthode, on constate que, dans le cas de petits silos (mesurant 1,80 m de haut sur 5 m de largeur à la base) aucune diminution significative du stock de sucre n'a été enregistrée avant 3 semaines de stockage environ (tableau 7 et fig. 16) et parfois même davantage. Les betteraves polyploïdes se sont comportées de la même manière que les diploïdes. Signalons enfin que la tenue d'un silo établi sur terre a paru meilleure que celle d'un silo identique établi sur ciment (fig. 17), résultat qui est en accord avec ceux de KAUFMANN (1952).

Nous ne pouvons évidemment pas affirmer que, dans nos expériences, les petits silos n'avaient subi aucune perte de sucre avant 3 semaines, mais seulement que ces pertes avaient été inférieures à la p. p. d. m. s. qui, selon les cas, variait entre 3 et 5 p. 100. Pour compléter cet aperçu des résultats généraux de nos essais, il n'est pas inutile d'indiquer la valeur des plus faibles pertes significatives ayant été enregistrées et le moment auquel elle se sont manifestées.

L'examen du tableau 15 permet de constater que les pertes peuvent devenir significatives au bout de 19 jours. Toutefois, dans certains cas, aucune perte significative n'a été enregistrée avant 36 jours de stockage (voir fig. 16, p. 252). En définitive, ces essais permettent d'affirmer que, dans la région de Soissons, les pertes subies par de petits silos, ne sont pas appréciables avant 3 semaines environ de stockage et ne deviennent importantes qu'au-delà d'un mois.

Les silos de grande taille ayant 4 m à 6 m de haut sur 10 à 12 m de largeur à la base ont fourni des résultats différents de ceux enregistrés avec les silos de petite taille. Nous avons en effet constaté que les betteraves enfoncées dans la profondeur des tas, avaient subi une perte significative de sucre très peu de temps après leur édification. Cette perte fut de l'ordre de 3,2 à 3,5 p. 100 après 2 à 6 jours de conservation (voir tableau 8, p. 258) et tableau 9, p. 259). Dans l'ensemble et en négligeant de légères anomalies dues probablement à un mauvais échantillonnage, on peut dire que les pertes subies par les racines étaient d'autant plus précoces et plus importantes que celles-ci étaient plus profondément enfoncées dans les silos.

TABLEAU 15

Époque et importance des diminutions significatives de stocks de sucre subies par des betteraves conservées en petits silos

Année et variété	Perte en % du stock initial	Nombre de jours de conservation
1954 : Klein E	3,94	33
1955 : De Vaast K	6,46	54
1956 : Hilleshog	8,75 5	61 19
1956 : De Vaast K	11	19

Nous avons chiffré les pertes enregistrées dans un de nos silos. Pour un tas de racines de 4 m de haut constitué par 1 000 tonnes de betteraves et représentant 162 tonnes de sucre, la perte avait été de plus de 3 tonnes de sucre au bout de 6 jours. La conservation des betteraves en grand silo pendant plusieurs semaines, pratique qui est encore courante, est évidemment très onéreuse.

Les résultats que nous avons obtenus sur les grands silos ne sont pas en accord avec ceux des auteurs russes (CHELEMSKIJ, 1958, LITOVKINE, 1959) ou polonais SZREDNICKI, 1958), qui préconisèrent en général de conserver les betteraves en grands silos. Cette contradiction nous a évidemment préoccupés, mais l'examen

attentif des publications soviétiques notamment de celles de CHELEMSKIJ (1958) ou de LITOVKINE (1959) et surtout des communications personnelles des professeurs CHELEMSKIJ et WALLENSTEIN nous ont révélé que cette contradiction n'était qu'apparente ; en réalité la question de l'ensilage des betteraves se présente en U. R. S. S. de la manière suivante : l'hiver est couramment très rigoureux si bien que les silos de petite taille risquent d'être endommagés par le gel. Au contraire, l'abaissement de température agit beaucoup moins sur les silos de grande taille, surtout si l'on prend soin de les protéger par de la paille, de la terre, etc. Mais pour obtenir toute satisfaction, il faut alors lutter contre l'échauffement de leurs régions internes en recourant à la ventilation. On voit en définitive que nos conclusions sont en accord avec celles des auteurs russes, et signalons en outre qu'en Tchécoslovaquie, DRACHOVSKA a également attiré l'attention sur la dégradation rapide des énormes masses de betteraves stockées sur caniveaux.

La méthode du tri préalable grâce à laquelle on peut réaliser des essais de conservation vraiment précis, ne peut s'appliquer, nous l'avons vu, qu'à des betteraves propres et ne permet donc pas de savoir l'influence exercée par la terre ou les détritus sur la tenue des betteraves ensilées. En fait, les racines triées que nous enfermions dans les silos et qui étaient utilisées pour les analyses étaient environnées de betteraves ordinaires ayant été arrachées mécaniquement, blessées, souillées de terre, mélangées à des herbes et à des feuilles, etc. et ces betteraves analysées se trouvaient donc de ce fait dans l'ambiance normale des silos industriels. Mais, répétons-le, les analyses elles-mêmes n'étaient pas faites sur des betteraves ordinaires. Pour y parvenir on aurait dû adopter la méthode du « silo homogène » mais l'unique tentative que nous avons effectuée n'a pas fourni de résultats satisfaisants. Il nous paraît cependant opportun d'entreprendre un effort dans ce sens.

Signalons encore que les betteraves stockées en fûts se sont parfois comportées d'une manière sensiblement différente de celles conservées en silos. Elles ont en effet évolué de façon plus rapide, subissant par exemple des pertes significatives de leur stock de sucre dès le 9e jour suivant le début de l'essai (fig. 12). Il n'en reste pas moins vrai que le stockage en fûts a eu l'intérêt de nous permettre de mettre au point d'une manière commode la méthode du tri préalable.

Un point théorique particulièrement digne d'intérêt concerne la forme de la courbe exprimant l'évolution du stock de sucre en fonction du temps. Nous avons déjà indiqué à plusieurs reprises qu'en calculant un taux journalier de perte, on postule implicitement que cette perte doit être une fonction linéaire du temps. Ce postulat qui a été admis aussi bien par les Américains que par les Russes et les Français n'a été justifié jusqu'à présent par aucune donnée expérimentale. Bien au contraire certains résultats indiquent que la perte de sucre d'abord rapide s'atténuerait avec le temps. C'est de cette manière qu'on peut interpréter les résultats de DUBOURG, SAUNIER et LEMAITRE (1950), qui constatèrent que la perte journalière est d'autant plus faible que son calcul est effectué sur des périodes de conservation plus longues. En Tchécoslovaquie DRACHOVSKA (1958) fit une observation semblable et ceci confirmait d'anciens résultats de CARBONI (1939). Dans les trois cas, on peut estimer que le ralentissement de la perte de sucre avait été provoqué par un refroidissement saisonnier intervenant à la fin de la période de conservation. Toutefois, MASSA (1934) et STOUT (1957) constatèrent que l'intensité respiratoire des betteraves, et par conséquent les pertes en sucre, sont fortes, aussitôt après l'arrachage, puis

fléchissent pour atteindre un palier au bout de 7 jours sans qu'on puisse invoquer une baisse de température.

Certains de nos essais ont fourni des résultats du même type. Si l'on examine en effet les courbes de la figure 12 qui correspondent à des essais en fûts, on constate que la diminution du stock de sucre est d'abord relativement rapide puis se stabilise au bout de 11 à 15 jours. Dans le cas d'essais en silos, cette stabilisation est parfois atteinte au bout d'une vingtaine de jours (fig. 17). Mais en prolongeant la conservation, nous avons constaté que la chute finissait par s'accentuer (fig. 9, 10). Ceci est en accord avec les résultats de BARR, MERVINE et BICE (1940), qui constatèrent qu'à température constante, l'intensité respiratoire des betteraves peut augmenter avec le temps. En définitive il semble donc que le stock de sucre des betteraves ensilées subisse une première chute précoce et relativement faible, qui serait due au choc physiologique consécutif à l'arrachage puis une seconde baisse tardive et beaucoup plus importante qui résulte de leur détérioration. On voit donc que la forme de l'évolution du stock de sucre des betteraves au cours de la conservation paraît être relativement complexe.

Il nous reste encore à considérer l'action qu'exerce l'hydrazide maléique sur l'évolution des betteraves au cours de leur conservation. Les résultats mentionnés par les chercheurs américains, allemands et russes sont fort nuancés. S'il est vrai que WITTWER, HANSEN et PATERSON (1951, 1952) puis CIFFERI (1953) et enfin RAKITINE et *al.* (1958), observèrent des réductions de pertes de sucre vraiment sensationnelles à la suite d'applications d'hydrazide maléique, d'autres chercheurs comme PETO, SMITH et LOW (1958), STOUT (1952), WENZL (1954), et LUDECKE et

TABLEAU 16

Principaux résultats obtenus au moyen d'applications d'hydrazide maléique et de quelques-uns de ses dérivés

Année	Nature du produit	Mode de conservation	Durée de conservation en jours	Diminution de la perte en % par rapport à celle enregistrée avec le témoin
1952	NH 30	en fûts	122	41 %
1953	MH 30	en fûts	141	35 %
1953	MH 40	en fûts	141	38 %
1954	MH 30 GS	en fûts	68	+ 24 % (perte supérieure à celle des témoins)
1954	MH 40 GS	en fûts	68	15 %
1954	MH 30 G	en silo	45	4,4 %
1955	MH 30	en silo	55	9 %
1955	MH 40	en silo	55	+ 58 % (perte supérieure à celle des témoins)
1955	MH 30 G	en silo	55	+ 125 % (perte supérieure à celle des témoins)
1955	MH 40 G	en silo	55	+ 151 % (perte supérieure à celle des témoins)
1955	MH 30	en silo	61	+ 16 % (perte supérieure à celle des témoins)
1956	MHB	en silo	39	34,5 %
1956	MHD	en silo	39	45,8 %

NITSCHE (1955) aboutirent à des résultats entièrement négatifs ou irréguliers. C'est aussi l'irrégularité qui caractérisa nos propres essais. Si l'on jette en effet un coup d'œil d'ensemble sur le tableau 16 qui résume les résultats les plus généraux de nos essais de conservation de betteraves ayant été traitées par l'hydrazide maléique, (sans tenir compte d'ailleurs de leur validité statistique), on constate que, dans certains cas, le produit a exercé une action nettement bénéfique, tandis que d'autres fois il n'a pas manifesté d'activité appréciable, et, fait particulièrement inquiétant, les betteraves traitées se sont parfois moins bien conservées que les témoins. Tout se passait alors, comme si l'hydrazide maléique avait manifesté des propriétés toxiques.

L'examen du tableau 16 permet également de constater que c'est surtout dans le cas de la conservation en fûts, que nous avons enregistré une efficacité convenable de l'hydrazide maléique, tandis que cette substance n'a guère exercé d'action favorable dans le cas des silos.

On remarquera toutefois que des betteraves traitées par de l'hydrazide butyrylmaléique (MHB) ou de l'hydrazide dichloracétylmaléique (MHD) ont manifesté une excellente tenue en silos. Il ne s'agissait vraisemblablement pas d'une circonstance fortuite car des essais réalisés sur des plantes diverses (LONGCHAMP, GAUTHERET et RICHEZ, 1956) avaient établi que le pouvoir saccharogène de ces deux hydrazides est très supérieur à celui de l'hydrazide maléique. Il se pourrait donc que ces deux produits soient susceptibles de fournir une solution satisfaisante de la conservation chimique des betteraves.

***

Après avoir discuté et résumé nos résultats, il convient de formuler quelques remarques très générales concernant leur validité pour l'avenir.

Remarquons à ce propos que les conditions de culture de la betterave évoluent rapidement ; au moment de nos expériences, l'arrachage mécanique n'en était qu'à ses débuts. Les résultats étaient encore imparfaits : quantité de terre importante, betteraves blessées et mal décolletées. Depuis, les progrès ont été sensibles en ce qui concerne le décolletage et les blessures, mais la quantité de terre mêlée aux betteraves est toujours aussi importante et il y a une tendance très marquée à l'augmentation des herbes et des feuilles enfouies dans les silos avec les betteraves. Les conditions ne sont donc plus tout à fait les mêmes que celles dans lesquelles nous avons opéré : elles sont actuellement identiques quant à la terre, un peu plus favorables pour les blessures, et probablement moins favorables eu égard aux herbes et feuilles. On peut espérer que la mise au point du désherbage chimique des betteraves et l'amélioration des techniques de ramassage permettront l'élimination des herbes et des feuilles : dans ces conditions, nos conclusions relatives aux petits silos resteront valables.

Quant aux gros silos, la ventilation, nous l'avons vu, a donné d'excellents résultats dans les expériences effectuées par les praticiens américains, allemands et russes.

Il resterait à vérifier que ces expériences sont transposables sur le plan pratique et que la ventilation efficace de silos importants est techniquement et économiquement possible.

Reçu pour publication Janvier 1962

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDREWS L. H., 1952. Beet receiving and storage. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 660-664.

ARTSCHWAGER E., STARRETT R. C., 1933. Suberization and wound cork formation in the sugar beet as affected by temperature and relative humidity. *J. agr. Res.*, **47**, 669-674.

BACHLER F. R., 1938. Decomposition losses of sugar from cut surfaces of beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 1st gen. meet., 52-54.

BAERTS F., 1951. Quelques aspects de la campagne 1950. *Sucrerie Belge.*, **70** 357-375, 405-422.

BARMINGTON R. D., 1948. Temperature-reduction problems in Sugar-Beet storage. *Trans. Amer. Soc. Mech. Eng.*, **70**, 685-687.

BARR C. G., MERVINE E. M., BICE R. A., 1940. A preliminary report on the effect of temperature and beet conditions on respiration and loss of sugar from beets in storage. *Proc. Amer. Soc. Sugar. Beet Tech.*, 3nd gen. meet., 52-63.

BIELITZER, 1938. Prove di scollettatura delle bietole. *Centr. f. d. Zuck.*, **15**, 298.

BORGHI M., 1949. Le perdite di zucchero nelle bietole lesionate. *Industr. Sacch. Ital.*, **42**, 252-257.

BÖTTGER St., 1951. Zucker und Ausbeuterverluste bei auszergewöhnlich langer Kampagne. *Zucker*, **4**, 339-341.

BREWBAKER H. E., 1949. Breeding new varieties of sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 5th gen. meet., 56-59.

BRIEM H., 1903. Bericht über Fortschritte und neuerungen auf dem Gebiete des Rüben und Rübensamenbanes. *Blatter für Zuckerrubenbau*, **10**, 20-27.

BRONNER G., 1955. Die Belüftung der Lagerrübe. *Zucker*, **8**, 160-164.

BULLETIN TECHNIQUE DU SYNDICAT NATIONAL DES FABRICANTS DE SUCRE 1948. Pertes subies par les betteraves en cours de stockage., **6**, 1-5.

BUSCHLEN M. J., DIEKMAN C. F., 1947. Controlled ventilation of sugar beet stockpiles. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 4th gen. Meet., 102-108.

CANNON R. M., 1950. Observations on the dehydratation of beets after receiving and during storage in northern Montana. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th gen. meet., 642-646.

CARBONI G., 1939. Le perdite nei sili. *Industr. Sacc. Ital.*, **32**, 493-507.

CARBONI G., BORGHI M., 1933. Le perdite di zucchero durante la giacenza delle bietole nei sili. *Ind. Sacc. Ital.*, 393.

CHELEMSKIJ M. S., 1958. Die theorischen Grundlagen und die gegenwärtige Techniklangsfristiger Rübenlagerung in U.D.S.S.R. Colloque sur la conservation des betteraves à sucre. *Inst. für Zuckertechnologie der Humboldt*, Univ. Berlin., 5-22.

CHELEMSKIJ M. S., VOITENCO, 1934. Conservazione delle bietole in ambiente di CO_2. *Ann. Ind. Sacc. dell'U. R. S. S.*, **49**.

CHELEMSKIJ M. S., CHEPELEV J. A., 1956. Ventilation de la betterave sucrière lors de sa conservation (en russe). *Trav. Inst. Central Industr. Sucr.*, **4**, 3-34.

CHEMIAKINE P. N., CHEMIAKINA A. F., 1958. Influence des rayons du cobalt 60 sur la conservation et le rendement des betteraves (en russe). *Sakharnaya Promychlemnost*, **4**, 52-55.

CIFFERI R., 1953. Prime prove circa l'impiego dell'idrazide maléica nella conservazione delle barbabietole. *Industr. Sacch. Ital.*, **46**, 186-187.

CLAASSEN H., 1890. Über den Zuckerverlust der Rüben in der Mieten, insbesondere in den sogenannten Luftmieten. *Zeit. des Ver. d. Rübenzuckerind.*, **40**, 154-164.

COLIN H., 1927. Sur la conservation des betteraves dans les silos. *Bull. Chim. sucrier.*, **45**, 8.

COOL L. R., 1954. Sugar beet storage problems. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 8th gen. meet., 353-355.

COTTON R. H., ORLEANS L. P., 1951. Storage of beets. In : MCGINNIS, *Beet-Sugar Technology*, 103-122. Reinhold ed. New-York.

CROCHETELLE J., 1915. Études sur les betteraves à sucre laissées en terre jusqu'en mai. *J. Agric. prat.*, **139**, (nouvelle série, 28), 472-474.

CURRIER H. B., DAY B. E., CRAFTS A. S., 1951. Some effects of maleic hydrazide on plants. *Bot. Gaz.*, **112**, 272-280.

DECOUX L., 1951 *a*. Comment accroître la qualité de la betterave sucrière. *Public. I. B. A. B., Tirlemont*, **19**, 1-18.

DECOUX L., 1951 *b*. La protection des racines de betteraves contre le gel. *Public. I. B. A. B. Tirlemont*, 229-254.

DOWNIE A. R., 1948. Sugar beets storage experiment, 1947. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 5th gen. meet., 660-664.

DOWNIE A. R., HOLMES L. J., KNAPP H. E., QUAMME A. G., HOLKESVIG O. A., 1950. Results of ventilated storage of sugar beets, 1949. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th gen. meet., 640-641.

DOWNIE A. R., SCHUSTER M. L., OLDEMEYER R. K., 1952. Cooperative field testing of strains of sugar beets for resistance to several root rotting organisms. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 557-561.

DRACHOVSKA M., 1958. Biologische insbesondere phytopathologische Probleme bei der Rübenlagerung. Colloque sur la conservation des betteraves à sucre. *Inst. für Zuckertechnologie der Humboldt-Univ.*, Berlin, 45-83.

DUBOURG J., SAUNIER R., LEMAITRE A., 1950. Les modifications de la betterave au cours du stockage et leurs répercussions sur la diffusibilité de certains de ses constituants. *C. R. 8e Congr. international Industr. agr.*, Bruxelles, **3**, 225-238.

FELTZ H., 1953. Zuckergehaltsverluste bei der Lagerung von Zuckerrüben. *Zeit. für Zuckerindustr.*, **78** n°2 76-77.

FINKNER R. E., FINKNER M. D., OLSON R. F., 1959. Effects of storage on raffinose content of sugar beets. I. Varietal changes occuring during storage. II. Evaluation of variance components for optimum sample size determination. *J. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, **10**, 481-488, 489-498.

FORT C. A., STOUT M., 1945. Whitewashing sugar beets to reduce sugar losses in storage. *Sugar*, **40**, 34-40.

FORT C. A., STOUT M., 1946 *a.* Suggested procedure for obtaining lower temperatures during sugar beet storage. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 4th gen. meet., 515-523.

FORT C. A., STOUT M., 1946 *b.* Respiratory heat of sugar beets and its influence on the practical harvesting and storage problem. *The Utah and Idaho Cultivator.*, **6**, 11-13.

FRIEDL G., 1912. Ein Beitrag zur Frage der Veränderung des Zuckerrübe während der Aufbewahrung. *Öst. Ung. Zeit. für Zuckerindustr. und Land.*, **41**, 698-712.

GADDIE R. S., TOLMAN B., 1952. Large scale supplemental ventilation of sugar beet stored for 106 days. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th gen meet., 644-647.

GASKILL J. O., 1950 *a.* Effects of wilting, drought and temperature upon rotting of sugar beets during storage. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th gen. meet., 653-659.

GASKILL J. O., 1950 *b.* Possibilities for improving storage-rot resistance of sugar beets through breeding. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th gen. meet., 664-669.

GASKILL J. O., 1950 *c.* Progress report on the effects of nutrition, bruising and washing upon rotting of stored sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th gen. meet., 680-685.

GASKILL J. O., 1950 *d.* Drying after harvest increases storage decay of sugar beet roots. *Phytopathology*, **40**, 483-486.

GASKILL J. O., 1952 *a.* Progress report on breeding for storage-rot resistance in sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 396-399.

GASKILL J. O., 1952 *b.* A study of two methods of testing individual sugar beet roots for resistance to storage pathogens. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 575-580.

GASKILL J. O., 1954. A comparison of several methods of testing sugar beet strains and individual roots for resistance to storage pathogens. *Proc Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, **8**, 264-270.

GASKILL J. O., BREWBAKER H. E., 1939. Storage of sugar beets under conditions of high humidity and low temperature. *J. Amer. Soc. Agr.*, **31**, 109-114.

GASKILL J. O., SELISKAR C. E., 1952. Effect of temperature on rate of rotting of sugar beet tissue by two storage pathogens. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 571-574.

GEARHEART H., 1938. Condition of storage and final quality of sugar. *Proc. Amer. Soc. Sugar. Beet Tech.*, I st gen. meet., 17-19.

GENOTELLE J., 1949. Dosage rapide du sucre dans les betteraves et les pulpes. *Sucr. Franç.*, **90**, n° 10, 20.

GLAVE C., 1947. Delivery and storage of sugar-beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 4th gen. meet., 96-97.

HANSEN C. M., 1948. Michigan state college Sugar beet storage experiment. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 5th gen. meet., 641-650.

HANSEN C. M., 1950 *a.* The distribution of air in sugar beet stock pile ventilation systems. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th gen. meet., 629-636.

HANSEN C. M., 1950 *b.* Factory Beet-pile ventilation comes of age in Michigan. *Sugar Beet J.*, **15**, n° 2, 34-36.

HEINER S., 1950. Infrared aids beet piles. *The Sugar Beet*, **95**, 20-21.

HELLER C., 1956. Untersuchungen über die Verluste in der Zuckerrübenernte. *Zucker*, **9**, 366-369.

HOLMES L. J., 1947-1948. Results of beet storage ventilation. *Proc. Amer. Soc., Sugar Beet Tech.*, 5th gen. meet, 669-672.

HOWARD G. W., 1948 *a.* Permanent storage installation cost studies. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.* 5th gen. meet., 665-668.

HOWARD G. W., 1948 *b.* Possibilities of controlled beet storage. *Crystal-ized-facts.*, **2**, n° 3, 28-29.

HULL R., 1949. Sugar beet diseases. *Bull. Min. Agric. Fish.*, n° 142, 1-53.

ISAKSSON A., 1942. A Botrytis from causing storage rot in sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 3rd gen. meet., 423-430.

JASKOLSKI J., 1957. Die Belüftung von Rübenstapeln. *Zeit. für Zuckerindustr.*, **82**, 20-23.

KAUFMANN W., 1952. Zur Lagerung der Zuckerrüben. *Zucker*, **5**, 317-318.

KRENDEL A. S., 1961. Conservation des betteraves dans un gaz (en russe). *Sakharnaya Promychlemnost*, **35**, 62-65.

LARMER F. G., 1937. Keeping quality of sugar beets as influenced by growth and nutritional factors. *J. agric. Res.*, **54**, 185-198.

LECHARTIER G., BELLAMY F., 1874. De la fermentation des fruits. *C. R. Acad. Sci.*, **79**, 1 006-1 009.

LITOVKINE M. V., 1959. Davantage d'attention à la conservation des betteraves à sucre (en russe). *Sakharnaya Promychlemnost*, **10**, 57-58.

LITVAK J. M., 1956. Technologie de l'industrie sucrière (en russe). *Ed. Nat. Litt. Tech., Kiev.*, 326 p.

LONGCHAMP R., GAUTHERET R. J., RICHEZ M., 1956. Action de dérivés de l'hydrazide maléique sur le développement et la teneur en sucres de quelques végétaux. *Rev. gén. Bot.*, **63**, 22-28.

LUDECKE H., NITSCHE M., 1955. Über die Anwendung des Maleinsäurehydrazids bei Zuckerrüben. *Zucker* **8**, 154-160.

MC GINNIS R. K., 1951. Beet sugar technology. *Reinhold Publish. Corp., N. Y.*, 103-129 (article de Cotton et Orleans).

MC ILRATH W. J., 1950. Response of the cotton plant to maleic hydrazide. *Amer. J. Bot.*, **37**, 816-819.

MANITOBA BEET GROWERS BULLETIN, 1950. **6**, n°1, 2-3.

MAREK G., 1888. Über den Einfluss der Winterkälte auf die Temperatur der Rübenmieten. *Zeit. des Ver. d. Rübenzuckerind.*, **38**, 471-512.

MAREK G., 1889. Über die Veränderung des Zuckergehaltes bei Rübenwährend der Wintermonate. *Zeit. des Ver. d. Rübenzuckerind.*, **39**, 962-1012.

MASSA 1934. Perdite di zucchero durante la giacenza delle barbabietole nei sili. *Ind. Sacc. Ital.*, 439.

MIKKELSEN D. S., GRIFFITH R. B., RIRIE D., 1952. Sugar beet response to maleic hydrazide treatment. *Agron. J.*, **44**, 533-536.

NAYLOR A. W., AUBREY W., 1951. Accumulation of sucrose in maize following treatment with maleic hydrazide. *Arch. Biochem. Biophys.*, **33**, 340-342.

NELSON R. T., OLDMEYER R. K., 1952. Preliminary studies applicable to selection for low respiration and resistance to storage rots of sugar beets. *Proc. Amer. Soc., Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 400-406.

NELSON R. T., WOOD R. R., 1950. Respiration and spoilage studies employing a modification of method developed by Stout and Fort. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th gen. meet., 660-663.

OKANENKO A. S., MOURAVIEW W. P., SCHWETSCHENKO W. N., 1957. Recherches sur la conservation des betteraves dans le champ (en russe). *Inst. Rech. Bett. sucrière, Kiev*, **35**, 261-274.

ORLEANS L. P., COTTON R. H., 1949. Reduction of storage losses in sugar beets by ventilation. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 319-324.

ORLEANS L. P., COTTON R. H., 1950. Commercial ventilation of beets in storage. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th gen. meet., 637-639.

ORLEANS L. P., COTTON R. H., 1952. Beet shed ventilation in California. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, **7**, 648-651.

PACK D. A., 1924. The storage of sugar beets. *Facts about Sugar*, août, 178-180, 208-209 ; sept. 232-235, 251-253.

PACK D. A., 1925. The storage of mother-beets. *Facts about Sugar*, **20**, 874-875.

PACK D. A., 1926. The effect of moisture on the loss of sugar from sugar beets in storage. *J. Agric. Res.*, **32**, 1143-1152.

PALMER A. E., 1940. The storage of beets between the time of harvesting and slicing in southern Alberta Canada. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 3th gen. meet., 46-51.

PERETJATKOWICZ B., KARATNICKI A., SRZEDNICKI Z., 1958. Polnische Versuchsergebnisse und Richtlinien für die Rübenlagerung. Colloque sur la conservation des betteraves à sucre. *Inst. für Zuckertechnologie der Humboldt. Univ.* Berlin, 85-98.

PETO F. H., SMITH W. G., LOW F. R., 1952. Effects of preharvest sprays of maleic hydrazide on sugar beets. *Proc. Amer. Soc., Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 101-107.

PHOUPHAS Ch., 1952. Action de l'hydrazide maléique sur la teneur en substances glucidiques du tissu libérien de racine de Carotte cultivé *in vitro*. *C. R. Acad. Sci.*, **233**, 808-810.

PHOUPHAS Ch., GORIS A., 1952. Sur la modification des taux de saccharose et d'inuline sous l'influence de l'hydrazide maléique dans les tissus de Topinambour cultivés *in vitro*. *C. R. Acad. Sci.*, **234**, 2002-2004.

PROSKOWJETZ I., 1888. Die « Haltbarkeit » der Zuckerrübe über Winter Zunächst eine Eigenschaft des Individuums. *Zeit. des Ver. d. Rübenzuckerind.*, **38**, 421-431.

QUAMME A. G., 1952. Ventilation of storage beets by forced air. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th, gen. meet. 652-654.

RAKITINE Y., V., POVOLOTSKAYA K. L., GUEIDEN T. M., GARAEVA K. G., 1958. L'hydrazide maléique comme moyen d'inhibition de la repousse des betteraves à sucre lors d'une conservation prolongée (en russe). *Fiziologia rastenii*, **5**, 291-295.

RICHEZ M., GAUTHERET R. J., 1954. Action de l'hydrazide maléique sur la teneur en saccharose de fragments de tissus de betterave à sucre cultivés *in vitro*. *C. R. Acad. Sci.* **238**, 2442-2444.

RIRIE D., MIKKELSEN D. S., BASKETT R. S., 1952. The effect of maleic hydrazide and 2-4, D on sugar beet growth and sucrose content in certain field experiments. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 89-86.

ROBINSON P. T., 1948. Problems connected with the storage of Sugar beets. *Crystal-lized-facts.*, **2**, n° 4, 10-12.

RUSSEL W., 1947. Delivery and storage of fresh beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 4th gen. meet., 98-101.

SANDERA K., 1958. Technologie, Kontrolle und Oekonomie der gelagerten Rübe. Colloque sur la conservation des betteraves à sucre. *Inst. für Zuckertechnologie der Humboldt-Univ. Berlin.*, 23-44.

SIBINE P. M., 1958. Technologie de l'industrie sucrière et de la raffinerie (en russe). Pichtchepromizdat, Moscou, 601 p.

SIMON M., 1951. L'étude de la conservation de la betterave depuis l'arrachage jusqu'à la fabrication. *Publ. I. B .A. B., Tirlemont*, **19**, 21-55.

SMITH R. J., 1940. Sugar losses in beets in storage. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 3th gen. meet., 286-289.

SMITH A. E., 1955. Absorption studies of maleic hydrazide by plants. *Bethany Information Sheet*, n° 88.

SRZEDNICKI Z., 1958. Polnische Versuchsergebnisse und Richtlinien für die Rübelagerung. Colloque sur la conservation des betteraves à sucre. *Inst. für Zuckertechnologie der Humboldt Univ. Berlin.*, 85-98.

STOKLASA J., FELINEK J., PITEK E., 1903. Die intramolekulare Atmung der Zuckerrübe. *Blatter für Zuckerrübenbau.*, **10**, 268-275 ; 284-291 ; 302-305 et 316-320.

STOUT M., 1949. Some harvesting and piling practices that affect storage losses in sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 5th gen. meet., p. 60.

STOUT M., 1950. Heat and moisture-transfer studies in relation to forced ventilation of insulated columns of sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 6th. gen. meet., 647-652.

STOUT M., 1952. Two years results evaluating effect of pre-harvest sprays of maleic hydrazide on respiration and spoilage of sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th. gen. meet., 95-100.

STOUT M., 1954. Some factors that affect the respiration rate of sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 8th. gen. meet., 404-409.

STOUT M., 1957. Respiratory losses from sugar beets soon after harvest. *J. Ass. Sugar Beet Tech.*, **9**, 351-353.

STOUT M., FORT C. A., 1948. A small-scale technique for simulating large-pile conditions in cooling and storing sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar. Beet Tech.*, 5th gen. meet., 635-640.

STOUT M., SMITH C. H., 1950. Studies on the respiration of sugar beets as affected by bruising, by mechanical harvesting, severing into top and bottom halves, chemical treatment, nutrition and variety. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, **6**, 670-679.

STROHMER F., 1902. Über die Atmung der Zuckerrübenwurzel. *Oest. Ung Zeit. für Zuckerindustr. und Land*, **31**, 933-1009.

SWIFT E., 1948. Cooling sugar Beet storage piles. *Crystal-ized-facts.*, **2**, n° 5, 20-21.

THIELEPAPE E., 1956. Gedanken und Stickworte zur Bekämpfung von Substanzverlusten bei der Rübenlagerung. *Zucker*, **9**, 295-296.

TOMPKINS C. M., NUCKOLS S. B., 1928. Development of storage diseases in sugar beets resulting from hook injury. *Phytopathology*, **18**, 939-941.

TOMPKINS C. M., NUCKOLS S. B., 1930. The relation of type of topping to storage losses in sugar beets. *Phytopathology*, **20**, 621-635.

TOMPKINS C. M., PACK D. A., 1932. Effect of temperature on rate of decay of sugar beets by strains of *Phoma betae*. *J. agric. Res.*, **44**, 29-37.

VAJNA S., 1957. Einiges über Lagerung von Zuckerrüben. *Zeit. für Zuckerindustr. Czech.*, **82**, 377-382.

WAIT R., 1947. Delivery and storage of fresh beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 4th. gen. meet., 98-101.

WALKER H. G., ROREM E. S., MCCREADY R. M., 1960. Compositional changes in diffusion juices from stored sugar beets. *J. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, **11**, 206-214.

WALLENSTEIN H. D., 1957. Der Einfluss des Wetters auf die Ernte, Lagerung und Verarbeitung der Zuckerrübe. *Zeit. für Zuckerindustr. Czech.*, **82**, 535-539.

WALLENSTEIN H. D., 1958, *a* Über die Rubenlagerung. *Zuckererzeugung*, **2**, 149-153.

WALLENSTEIN H. D., 1958, *b* Über die Einführung der zentralen konservierenden Rübenlagerung in der D. D. R. Colloque sur la conservation des betteraves à sucre. *Inst. für Zuckertechnologie der Humboldt. Univ. Berlin.*

WALLENSTEIN H. D., 1961. Die Rübenlagerung in der Sowjet Union. *Zuckererzeugung*, **5**, 14-20.

WENZL H., 1954. Versuche über die Verminderung der Lagerungsverluste bei Zuckerrübe durch Maleinhydrazid. *Zucker*, **7**, 71-73.

WENZL H., KREXNER R., 1957. Die Verminderung der Zuckerverluste durch belüftung lagerüber Zuckerrübe. *Pflanzenberichte*, **18**, 90-104.

WILKINSON R. A., 1952. Radiant rag frost protection as applied to the exposed face of sugar beet storage piles. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th gen. meet., 655-659.

WITTWER S. H., HANSEN C. M., 1951. The reduction of storage losses in sugar beets by pre-harvest foliage sprays of maleic hydrazide. *Agron. J.* **43**, 340-341.

WITTWER S. H., HANSEN C. M., 1952. Some effects of pre-harvest foliage sprays of maleic hydrazide on the sugar content and storage losses of sugar beets. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.*, 7th. gen. meet., 90-94.

WITTWER S. H., PATERSON D. R., 1951. Inhibition of sprouting and reduction of storage losses in onions, potatoes, sugar beets and vegetable root crops by spraying plants in the field with maleic hydrazide. *Mich. Agr. Exp. Sta. Quartely Bull.*, **34**, 3-8.

Ann. Physiol. vég., 1961, **3** (4), 289.

CHRONIQUE DES LIVRES

PILET P. E. — LES PHYTOHORMONES DE CROISSANCE. Paris, Masson, 1961, 775 p., 239 fig.

Le nombre total des publications relatives aux auxines est passé d'une centaine en 1930 à 26 000 environ en 1960. Il est évident que les techniques employées comme les théories échafaudées sur le mode d'action des auxines ont considérablement évolué pendant cette période.

Le traité du Professeur PILET constitue donc une mise au point extrêmement précieuse et indispensable pour tous ceux qui s'intéressent aux auxines.

L'ouvrage comprend 6 parties : Historique, Méthodes, Étude chimique, Étude biochimique, Étude physiologique, Applications pratiques.

De nombreuses techniques sont passées en revue : diffusion et extraction, dosages chimiques et tests biologiques, chromatographie.

Après avoir étudié les propriétés chimiques et physico-chimiques de l'ABIA et d'autres composés indoliques, l'auteur examine, dans la quatrième partie, les relations entre la structure et l'activité, les hypothèses sur le mode d'action des auxines, vues à la lumière de l'analyse biocinétique, les mécanismes de dégradation (photo-inactivation, inactivation enzymatique), les effecteurs auxiniques.

Une partie importante est consacrée à la physiologie. Divers aspects de cette discipline sont envisagés, notamment l'absorption et le transport, la physiologie cellulaire (propriétés structurales et chimiques des membranes, échanges d'eau et entrée des ions), métabolisme (échanges respiratoires principalement), organogenèse, tropismes. Un chapitre est consacré aux études faites sur des cultures de tissus, un autre sur le rôle des auxines en phytopathologie (viroses, crown-gall, maladies cryptogamiques).

Enfin, quelques pages résument les principales applications à l'Agronomie. La bibliographie est très importante.

J. M.

TABLE DES MATIÈRES DE L'ANNÉE 1961

Le Directeur-Gérant : M. L. Cagnac

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 20-5-1962.

Dépôt légal : 2e trimestre 1962. *No d'impression : 484.*

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VIIe. Tél. : INV 41.09.
Directeur : H. FERRU

Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

Président .... M. le Ministre de l'Agriculture.
Vice-Président .... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

Comité Permanent de la Recherche Agronomique

Président .... M. le Professeur LEMOIGNE.
Membres .... MM. les Professeurs BRESSOU, TERROINE.
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique,
Les Inspecteurs généraux de la Recherche Agronomique,
Les Directeurs centraux de Recherches.

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique.

Agronomie. — M. BOISCHOT, Directeur de la Station centrale d'Agronomie.

Physiologie Végétale. — M. COÏC, Directeur de la Station centrale de Physiologie végétale.

Amélioration des Plantes. — M. MAYER, Directeur de la Station centrale de Génétique et Amélioration des Plantes.

Épiphyties. — M. DARPOUX, Directeur de la Station centrale de Pathologie végétale,
M. TROUVELOT, Directeur de la Station centrale de Zoologie agricole,
M. VIEL, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.

Abeille. — M. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux.

Zootechnie. — M. A.-M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique,
M. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
M. PÉRO, Directeur de la Station de Recherches avicoles.

Technologie agricole. — M. FLANZY, Directeur de la Station centrale de Technologie des produits végétaux,
M. MOCQUOT, Directeur de la Station centrale de Technologie des produits animaux.

Biologie animale, Biochimie, Biophysique. — M. FRANÇOIS, Directeur du Service de Biochimie et de Nutrition.
M. THIBAULT, Directeur de la Station de Physiologie animale.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
149, rue de Grenelle, PARIS-VIIe, Tél. : INV 41.09.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1962

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
AGRONOMIE	50 NF	56 NF	9,50 NF
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE	30 NF	34 NF	8 NF
AMÉLIORATION DES PLANTES	35 NF	39 NF	9,50 NF
ÉPIPHYTIES	35 NF	39 NF	9,50 NF
ABEILLE	20 NF	22 NF	6,50 NF
ZOOTECHNIE	40 NF	44 NF	11 NF
TECHNOLOGIE	35 NF	39 NF	9,50 NF
BIOLOGIE ANIMALE	40 NF	44 NF	11 NF

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 0,40 NF en timbres-poste.

Les demandes d'abonnements doivent être adressées au Régisseur des Publications de l'Institut National de la Recherche Agronomique, 149, rue de Grenelle, PARIS-VIIe. C. C. P. : PARIS, 9064-43. Elles peuvent être également souscrites par l'intermédiaire de libraires dans les conditions habituelles.

TABLE DES MATIÈRES

I. N. 109.122